

Школа – Инженерная школа информационных технологий и подготовки
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и
 производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Лабораторный исследовательский стенд для динамических и статических режимов работы нефтяного сепаратора

УДК 001.891.54:622.276.054.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7Б	Польников Алексей Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее

	качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий
ПК(У)-3	готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов, средств и систем
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации

	технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством,
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Громаков Е. И.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7Б	Польникову Алексей Андреевичу

Тема работы:

Лабораторный исследовательский стенд для динамических и статических режимов работы нефтяного сепаратора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 50-16/с от 19.02.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования является управление технологическими процессами с использованием сетевых технологий.
--	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Разработка структурной схемы стенда 2. Разработка САД-модели стенда 3. Разработка принципиальной схемы 4. Сборка лабораторного стенда 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 6. Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Рисунки, демонстрирующие результаты 2. Диаграмма Ганта
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Аверкиев Алексей Анатольевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель / консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	к.т.н., доцент		
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7Б	Польников Алексей Андреевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Отделение школы (НОЦ) – Отделение информационных технологий

Период выполнения – весенний семестр 2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	к.т.н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Цавнин Алексей Владимирович	-		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7Б	Польникову Алексею Андреевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет проекта – не более 600 984,4 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 227 786,9 руб. Затраты на материальные ресурсы равны 253 754
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4 баллов из 5
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Районный коэффициент – 1,3 Коэффициент дополнительной заработной платы – 0,12 Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 0,302 Коэффициент накладных расходов – 0,2

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Технико-экономическое обоснование проекта 2. Анализ технических конкурентных решений 3. SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования. 2. Планирование выполнения работ по проекту 3. Формирование бюджета затрат
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	1. Определение интегрального финансового показателя разработки 2. Определение интегрального показателя ресурсоэффективности разработки

	<i>3.Определение интегрального показателя эффективности</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет НИ 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП	Маланина В.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7Б	Польников Алексей Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т7Б	Польников Алексей Андреевич

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Лабораторный исследовательский стенд для динамических и статических режимов работы нефтяного сепаратора

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: лабораторный стенд физического подобия на основе нефтяного сепаратора.</p> <p>Стенд включает в себя: сепаратор, насосы, ОВЕН ПЛК200, электромагнитные клапаны, программную часть, которая осуществляет формирование отчетов по собранным данным.</p> <p>Область применения: помещения для лабораторных и научных исследований в области подготовки нефти</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя.</p> <p>ГОСТ 22269-76. Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места.</p> <p>ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.</p> <p>ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.</p> <p>СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.</p> <p>СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Повышенный уровень общей вибрации;

2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	-Повышенный уровень шума; -Недостаток естественного помещения; Опасные факторы: -Горючие вещества.
3. Экологическая безопасность:	Гидросфера: выброс технологических отходов в воду; Литосфера: загрязнение почвы при утилизации нефти.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС: пожар, взрыв; Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7Б	Польников Алексей Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 85 страниц, содержит 33 рисунка, 25 таблиц, 24 источников литературы, 5 приложений, 2 схемы, спецификацию к принципиальной схеме, чертеж стойки.

Ключевые слова: горизонтальный нефтяной сепаратор, эмульсия, автоматизированная система управления, электромонтаж, оргстекло, принципиальная схема.

Объектом исследования горизонтальный нефтяной сепаратор технологического процесса подготовки товарной нефти на месторождении.

Целью работы является создание лабораторного исследовательского стенда для динамических и статических режимов работы нефтяного сепаратора.

В результате дипломной работы был создан лабораторный исследовательский стенд для динамических и статических режимов работы нефтяного сепаратора. Также разработана сопутствующая документация: структурная схема работы лабораторного стенда, САД-модель и принципиальная схема электромонтажа. Приведены решения по автоматизации работы стенда, выбору контроллерного оборудования и датчиков, приведены решения по автоматизации работы стенда, выбору контроллерного оборудования.

Стенд позволит изучать физический процесс сепарации нефти в учебных заведениях и выходя на производство уже обладать данным опытом работы.

Для выполнения выпускной квалификационной работы использовались программные продукты Microsoft Word, Microsoft Excel, Autodesk Inventor, AutoCAD.

Задание на ВКР выполнено в полном объеме и разработка соответствует технологическому заданию.

Содержание

Определения, сокращения, обозначения	16
Введение.....	17
1 Нефтегазовый сепаратор	18
1.1 Принципы работы сепаратора	18
1.2 Разновидности нефтегазовых сепараторов	19
1.2.1 Описание вертикального сепаратора.....	19
1.2.2 Описание горизонтального сепаратора	20
1.2.3 Описание гидроциклонного сепаратора.....	20
1.3 Виды сепараторов нефти по принципу работы	21
1.3.1 Особенности центробежных сепараторов.....	21
1.3.2 Особенности гравитационных сепараторов	21
1.3.3 Особенности инерционных сепараторов	22
2 Разработка устройства и принципа работы стенда	23
2.1 Структурная схема стенда	23
2.2 Разработка конструкции сепаратора, баков и стола для стенда	24
2.3 Разработка CAD-модели стенда.....	25
2.4 Разработка однолинейная электрической схемы питания оборудования стенда.....	26
2.4.1 Описание расчетной схемы	27
2.4.2 Описание исполнительной схемы.....	27
3 Выбор оборудования	29
3.1 Выбор насосов.....	29
3.2 Выбор клапанов	30

3.3	Выбор контроллера.....	32
3.4	Выбор дополнительного модуля для ПЛК.....	35
3.5	Выбор автоматических выключателей.....	36
4	Сборка лабораторного исследовательского стенда.....	39
4.1	Монтаж основания установки	39
4.2	Монтаж гидравлической части установки	40
4.3	Электромонтаж	45
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	48
5.1	Потенциальные потребители результатов исследования	48
5.2	Анализ конкурентных технических решений.....	49
5.3	SWOT – анализ.....	50
5.4	Планирование научно-исследовательских работ	52
5.4.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	52
5.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ	53
5.5	Бюджет научно-технического исследования	56
5.5.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	56
5.5.2	Расчет амортизационных отчислений	58
5.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	58
5.5.4	Дополнительная заработная плата.....	60
5.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды	61
5.5.6	Накладные расходы	62
5.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта....	62
5.6	Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования.....	63

5.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	66
6 Социальная ответственность	68
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	69
6.2 Производственная безопасность	71
6.3 Отклонения показателей микроклимата	72
6.4 Превышение уровня шума	73
6.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	74
6.6 Электробезопасность.....	75
6.7 Превышение уровня электромагнитных излучений	76
6.8 Экологическая безопасность	78
6.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	78
6.10 Выводы по разделу социальная ответственность	80
Заключение	81
Список использованных источников	82
Приложение А (обязательное) Разработка схемы стола для лабораторного стенда.....	85
Приложение Б (обязательное) Принципиальная электрическая схема питания стенда.....	86
Приложение В (обязательное) Спецификация принципиальной электрической схемы	95
Приложение Г (обязательное) Разработка стойки электрооборудования лабораторного стенда	98
Приложение Д (обязательное) Разработка функциональной схемы автоматизации.....	100

Определения, сокращения, обозначения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

принципиальная схема: Технический документ, устанавливающий цели, набор требований и ключевые исходные данные, требуемые на этапах разработки проектируемой системы;

автоматизированная система: Совокупность персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, которая реализует информационную технологию выполнения установленных функций;

эмульсия: Дисперсная система, состоящая из микроскопических капель жидкости (дисперсной фазы), распределенных в другой жидкости (дисперсионной среде);

дегазированная нефть: Нефть, которая в процессе сепарации отделена от газа;

гидравлическая установка: Гидравлическая установка, использующая в качестве рабочего напора естественный перепад высот, создаваемый в трубопроводе.

В данной работе применены следующие сокращения и соответствующие им расшифровки:

САУ – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ПК – персональный компьютер;

ДСП – древесно-стружечная плита;

ПВХ труба – поливинилхлоридная труба;

ПЭВМ - персональная электронно вычислительная машина;

АРМ оператора – автоматизированное рабочее место оператора;

АСУ – автоматизированная система управления;

ПЛК – программируемый логический контроллер.

Введение

На сегодняшний день нефтяная отрасль является ключевым показателем развития Российского энергетического рынка. Согласно рейтингу JODI Россия заняла второе место по добыче нефти [1], [2].

С повышением объемов добычи нефти все более актуальным становится вопрос усовершенствования процесса сепарации, как одного из ключевых этапов подготовки товарной нефти для дальнейшей переработки. На поверхность добывается примесь, которая состоит из газа, воды и сырой нефти. Для использования чистого продукта, в дальнейшем производстве, первоначально нужно отделить от газа и воды [3].

На данный момент процесс сепарации нефти является слабым звеном в системе добычи нефти. Для усовершенствования данного процесса необходимо его исследовать на физически подобной модели сепаратора.

Целью данной работы является разработка лабораторного исследовательского стенда для динамических и статических режимов работы нефтяного сепаратора.

Актуальность данного проекта обусловлена тем, что можно будет исследовать и анализировать физически подобные процессы сепарации нефти. Стенд будет полезен образовательным учреждениям, лабораториям по изучению нефтепродуктов и нефтедобывающим компаниям.

1 Нефтегазовый сепаратор

Нефтегазовый сепаратор представляет собой оборудование, которое используется предприятиями нефтяной и химической промышленности для очистки добывающей нефти от воды и газа.

Сепарацией называется процесс отделения нефти от газа, который непосредственно происходит в сепараторе. Процесс может проходить в несколько стадий, от их количества зависит объем дегазированной нефти, получаемый из пластовых вод [4].

1.1 Принципы работы сепаратора

Принцип работы нефтегазового сепаратора базируется на действии одной из сил: гравитационной, центробежной или инерционной.

Процесс сепарации происходит поэтапно – поток перемещается из секции в секцию. В устройствах любого типа всего может иметься 3 или 4 секции. Разделение входной эмульсии выполняется при постепенном снижении давления и повышении температуры [4].

Описания этапов очистки по секциям:

1. первая секция называется основной. В ней происходит интенсивная сепарация нефти от свободного объема газа при помощи одной из сил;
2. вторая секция является осадительной. На данном этапе происходит удаление остаточные газовые пузырьки;
3. третья секция сбора нефти. Готовый продукт собирается и выводится;
4. четвертая секция имеется не во всех видах нефтегазовых сепараторов и является каплеуловителем. Здесь убираются взвешенная влага, попавшая в нефть с газом.

1.2 Разновидности нефтегазовых сепараторов

Классификация нефтегазовых сепараторов подразделяются на 5 основных признаков. Одним из наиболее важного признака является расположения оборудования в пространстве или способ его монтажа [5]. Классификация представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Классификация нефтегазовых сепараторов

Характеристика	Разновидности
По положению в пространстве	<ul style="list-style-type: none">– вертикальные;– горизонтальные;– гидроциклонные.
По форме	<ul style="list-style-type: none">– цилиндрические;– сферические аппараты.
По числу фаз	<ul style="list-style-type: none">– 2-х;– 3-х фазные.
По показателям рабочего давления	<ul style="list-style-type: none">– до 0,6 Мпа;– от 0,6 до 2,5 Мпа;– выше 2,5 Мпа.
По методу обслуживания	фонтанным, насосным, компрессорным
По количеству обслуживания скважин	одиночное или групповое
По стадиям сепарации	От 1 до 4
По методу работы	Замерные или обычные
По количеству фаз	Двух или трехфазные модели

1.2.1 Описание вертикального сепаратора

Устройство сепаратора имеют цилиндрическую конструкцию корпуса, оснащенными небольшими трубками для ввода эмульсии добываемой в пластовых водах и вывода газовой и жидкой фазы. Для предохранения системы и регуляции корпус оснащен арматурой и специальными элементами отделения жидкости.

1.2.2 Описание горизонтального сепаратора

В состав горизонтального сепаратора входит:

- емкость, в которой имеется две полки, расположенными под наклоном;
- пеногаситель;
- разделитель жидкостей;
- устройство, предотвращающее возникновение воронки при проведении дренажа нефти.

Также, как и вертикальный сепаратор оснащен штуцерами для вывода фаз, трубкой для накачки пластовых вод и люком для технического обслуживания.

Горизонтальные сепараторы – это оптимальный вариант для переработки небольших объемов эмульсии, а также жидкостей с большим содержанием растворенного газа. Так как они доступные в цене и достаточно производительны [5].

1.2.3 Описание гидроциклонного сепаратора

Разновидностью горизонтального сепаратора является гидроциклонный сепаратор. Данное оборудование имеет горизонтальную емкость, в которой предусмотрены одноточные гидроциклоны.

Цилиндрическое устройство с тангенциальным вводом пластовых вод, направляющей трубкой и блоком перекачки (перетока) называется –одноточный гидроциклон.

1.3 Виды сепараторов нефти по принципу работы

Нефтегазовые сепараторы по принципу работы делятся на категории в зависимости от того, на чем базируется сила, с помощью которой осуществляется сепарация [6].

Сепараторы бывают по силе:

- центробежные;
- гравитационные;
- гидроциклонные;
- инерционные.

1.3.1 Особенности центробежных сепараторов

Принцип работы основан на вихревом эффекте, который заключается в раскручивании эмульсии по спирали, в ходе чего частицы газа отделяются и выводятся, а более нефтяные частицы остаются в потоке, зависящие от инерции потока.

Данный механизм выдерживает эксплуатацию в местах месторождения нефти.

1.3.2 Особенности гравитационных сепараторов

В данных сепараторах сепарация происходит за счет гравитационных сил. Таким образом вещества с меньшим весом поднимаются вверх и скапливаются под крышкой конструкции, а тяжелая чистая или с частицами воды нефть оседает на дне.

Скорость и продуктивность процесса сепарации зависят от показателей давления, периода цикла и особенностей рабочей среды.

Ключевым принципом сепарации используемого на месторождениях является турбулентное движение жидкости. На практике это наиболее

эффективно, так как образующиеся пузырьки в данном процессе ускоряют отделение.

Для увеличения продуктивности сепараторов, использующих гравитационную силу, на входе рекомендуется установить депульсатор, который в свою очередь предназначен для предварительного разделения пластовой жидкости и газа. Благодаря данному улучшению процесс отделения эмульсии на тяжелую нефть и газ занимает всего около минут. Данный процесс присущ 2-х фазным сепараторам, 3-х фазные устройства способны отделять еще и воду.

1.3.3 Особенности инерционных сепараторов

В данных нефтяных сепараторах сепарация происходит за счет разных сил инерции частиц в сепарируемой эмульсии. Так как нефть обладает большей плотностью, то она оседает на стенках и опускается на дно. Газ же в свою очередь имеет плотность меньше и благодаря этому выводиться наружу.

2 Разработка устройства и принципа работы стенда

2.1 Структурная схема стенда

Разработка стенда начинается с создания структурной схемы. В которой определяется какие приборы будут входить в состав лабораторного исследовательского стенда. На данном этапе разработки в лабораторный стенд входят: баки для воды и нефти, отстойник, сепаратор, электромагнитные клапаны и насосы.

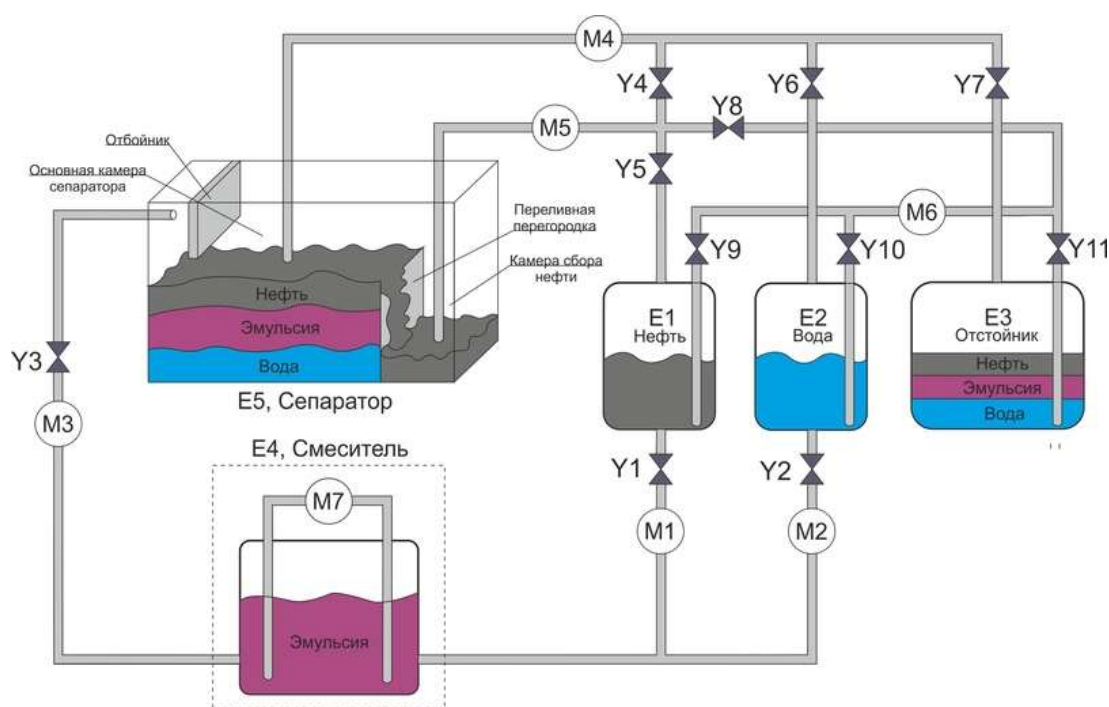
Принцип работы заключается в том, что первоначально наполняется смеситель Е4 нефтью и водой из баков Е1 и Е2. Далее идет подготовка эмульсии в смесителе Е4 с помощью насоса М7. Далее эмульсия попадает сепаратор, где происходит разделение нефти и воды. По мере разделения чистая нефть попадает обратно в бак Е1, вода в свою очередь в бак Е2. Оставшееся эмульсия попадает в отстойник Е3.

Лабораторный исследовательский стенд включают в себя три алгоритма работы:

1. технологический прогон оборудования;
2. алгоритм статического режима работы;
3. алгоритм динамического режима работы.

Данные режимы работы позволяют исследовать созданную эмульсию на разделения фаз от времени и от концентрации одного вещества относительно другого.

Структурная схема лабораторного исследовательского стенда для динамических и статических режимов работы нефтяного сепаратора представлена на рисунке 1.



M1-M7 – насосы; Y1-Y11 – электромагнитные клапаны; E1 – бак с нефтью;
E2 – бак с водой; E3 – отстойник; E4 – смеситель; E5 – сепаратор.

Рисунок 1 – Структурная схема лабораторного стенда

2.2 Разработка конструкции сепаратора, баков и стола для стенда

Сепаратор представляет собой емкость из оргстекла размеры которой 600x350x100. В состав емкости входит основание, отбойник, боковые части, разделительную перегородку. Толщина основания и боковых стенок 6 мм. Глубина пазов имеют 3 мм и ширину соответственно 6 мм.

В основной камере сепаратора происходит разделения эмульсии. Разделительная перегородка предназначена для отделения камеры сбора нефти и основной части сепаратора. Отбойник необходим для резкого уменьшения импульса входного потока. Одна из сторон заклеена зеленой самоклеющейся пленкой, для удобства снятия данных на камеру.

Объем камеры нефти составляет 3,15 л, а основной камеры 15,75 л. В результате общий объем сепаратора составляет 24 л.

Разрабатываемые баки имеют квадратное основание с размером стороны 478 мм и внутренний радиус пазов равен 390 мм, высота баков для хранения

нефти и воды 350 мм, а также бака смесителя 350 мм и высота бака отстойника 600 мм. Объемы у баков для хранения нефти и газа, а также смесителя равны 45 л, объем отстойника равен 70 л.

2.3 Разработка CAD-модели стенда

Для создания лабораторного исследовательского стенда для динамических и статических режимов работы нефтяного сепаратора разработаем CAD-модель [7], [8].

Данный стенд имеет стол, 6 колес, 4 бака, сепаратор, 7 насосов, 11 клапанов и труб как указано в функциональной схеме.

Разработанная модель лабораторного исследовательского стенда масштабом 1:1 представлена на рисунках 2 и 3.

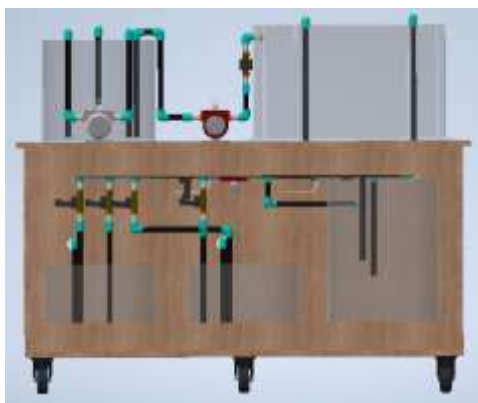


Рисунок 2 – CAD модель лабораторного стенда, вид спереди

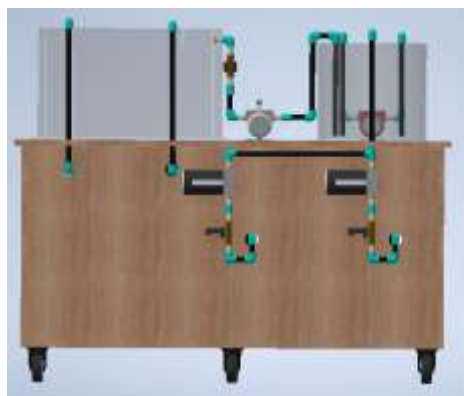
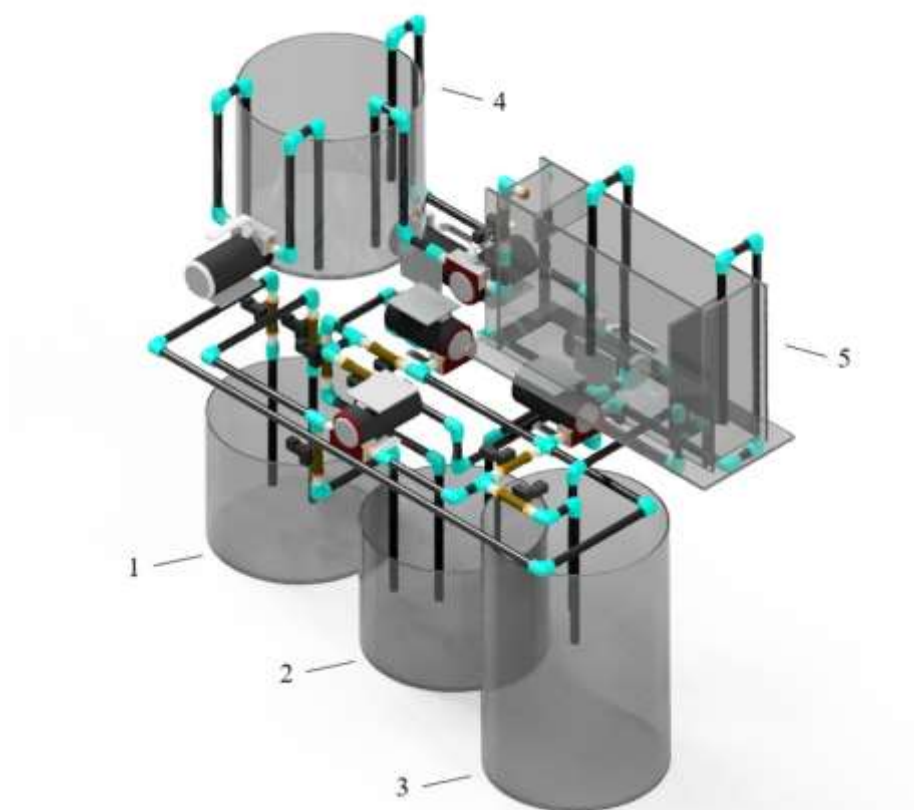


Рисунок 3 – CAD модель лабораторного стенда, вид сзади

Разработанная CAD-модель соединения ПВХ труб между оборудованием масштабом 1:1 представлена на рисунке 4.



1 – бак для сбора нефти; 2 – бак для сбора воды; 3 – бак отстойник;
4 – смеситель; 5 – сепаратор.

Рисунок 4 - CAD модель лабораторного стенда, соединение труб

2.4 Разработка однолинейная электрической схемы питания оборудования стенда

Принципиальная электрическая схема – это полное представление о том, как функционирует электротехническое изделие или объект. Данная схема включает в себя весь перечень элементов, из которых состоит объект. Она является основной для всех последующих документов и чертежей, для создания оборудования или строительстве объекта. На принципиальной схеме отражены чертежи, которые показывают полные электромагнитные и электрические связи элементов, а также характеристики всех компонентов объекта.

Допустимо располагать графические обозначения устройств, выполненные совмещенным способом, на свободных полях схем, выполненные разнесенным способом.

Если объект содержит такие элементы, которые используются частично, то эти элементы должны быть изображены на схеме полностью, при этом следует указать, какие части используются целиком, а какие нет. Те, что используются полностью, должны быть отображены на схеме длиннее, а части неиспользованных элементов изображаются короче.

Однолинейная электрическая схема имеет отличие от принципиальной только тем, что на ней все электрические соединения объекта выполнены в упрощенном виде и обозначены одной линией независимо от числа фаз.

Однолинейные схемы делятся в свою очередь на расчетную и исполнительную схему [9].

2.4.1 Описание расчетной схемы

Расчетная схема используется на этапе проектирования и подбора оборудования. При ее составлении происходит учет всех необходимых параметров, необходимые параметры, которые обеспечивают разрабатываемому объекту полную пожарную безопасность. Расчетная схема служит основой для других схем, необходимых для строительства объекта и ввода его в эксплуатацию [9].

2.4.2 Описание исполнительной схемы

Данная схема используется для модернизации уже существующих схем готового объекта. В этом случае схема разрабатывается на основе действующих установок. Перед составлением исполнительной схемы обязательно проводятся всесторонние обследования объекта. На модернизированной схеме

отображаются элементы с учетом исправления всех дефектов, которые удалось выявить в ходе работы [10].

Разработанная принципиальная схема в AutoCAD представлена в приложении Б [11]. Спецификация представлена в приложении В.

3 Выбор оборудования

3.1 Выбор насосов

Для обеспечения перемещения жидкостей между баками в лабораторном исследовательском баке установлены 7 насосов. Они должны обладать определенными требованиями:

- возможность перекачки нефти и воды;
- возможность работы при пониженной температуре;
- напряжение должно быть 12-24 В.

В ходе проектирования было рассмотрено несколько вариантов электронасосов: Было рассмотрено три варианта электронасосов: CATFLO CF-GP, Benza 21-12-40, Singflo FP-12 (рисунки 5-7). Сравнение характеристик насосов приведено в таблице 2.



Рисунок 5 – Насос CATFLO CF-GP



Рисунок 6 – Насос Benza 21-12-40



Рисунок 7 – Насос Singflo FP-12

Таблица 2 – Сравнение характеристик насосов

Насос	CATFLO CF-GP	Benza 21-12-40	Singflo FP-12
Перекачиваемая жидкость	Нефтепродукты, жидкие масла, топлива (кроме бензина)	Дизельное топливо, нефтепродукты	Масла, вода
Напряжение питания, В	12	12	12
Производительность, л/мин	12	40	12
Температура рабочей среды, °С	от 37 до 70	от минус 10 до 40	от минус 10 до 60
Подъем жидкости, м	5	8	3
Реверс	+	+	+
Вес, кг	2,1	4,8	2,48
Цена, руб	11 490	12 300	8 990

В ходе анализа характеристик был выбран насос Singflo FP-12, так как он обладает наименьшей ценой и предназначен для перекачки воды и масла, для исследовательского лабораторного стенда данный насос соответствует требованиям.

3.2 Выбор клапанов

В проектируемом стенде должна быть возможность дистанционным управлением открытия и закрытия потока жидкости через клапана. В качестве такой запорной арматуры решено использовать нормально-закрытые электромагнитные клапаны.

Было рассмотрено три варианта электромагнитных клапанов: T-GH 102 Ду 10, SMART SF6232, СК-12-15 ВД (рисунки 8-10). Сравнение характеристик клапанов приведено в таблице 3.



Рисунок 8 – Клапан PN10 ArmaControl 2W320



Рисунок 9 – Клапан SMART SF6232



Рисунок 10 – Клапан UNIPUMP BCX-15

Таблица 3 – Сравнение характеристик клапанов

Клапан	PN10 ArmaControl 2W320	SMART SF6232	UNIPUMP BCX-15
Тип	Нормально закрытый	Нормально закрытый	Нормально закрытый
Напряжение питания, В	220, 12	24	220
Температура рабочей среды, °C	от -20 до 160	от 0 до 65	от 0 до 120
Рабочая среда	Нейтральные жидкости и газы	Нейтральные жидкости и газы	Нейтральные жидкости и газы, сжатый воздух
Цена, руб	3 540	2 271	3 152

Согласно сравнительному анализу, представленному в таблице 4, в силу величины напряжения питания, а также стоимости, был выбран электромагнитный клапан SMART SF6232, он удовлетворяет требованиям разрабатываемого лабораторного стенда и имеет наименьшую цену.

3.3 Выбор контроллера

Для сбора и обработки сигналов с датчиков и дальнейшего формирования команд для управления исполнительными механизмами необходим контроллер.

ПЛК должен соответствовать следующим требованиям:

- работать в неблагоприятных условиях;
- поддерживать периферию, т. е. дополнительные модули;
- работать без длительного обслуживания.

Это необходимо чтобы к лабораторному стенду было возможно подключить дополнительное оборудование.

Для выбора контроллера были рассмотрены такие варианты как: ОВЕН ПЛК200, Modicon Premium и SIMATIC s7-1200 (рисунки 11-13) [12]. Сравнение характеристик контроллеров приведено в таблице 4.



Рисунок 11 – Контроллер Modicon Premium



Рисунок 12 – Контроллер Овен ПЛК200



Рисунок 13 – Контроллер SIMATIC s7-1200

Таблица 4 – Сравнения технических характеристик ПЛК

Контроллер	Modicon Premium	Овен ПЛК200	SIMATIC s7-1200 CPU 1211C
Память	256 Мб	512 Мб	- загружаемая 2Мб - расширяемая картой – 24Мб
Время цикла, мс	1	3	5
Количество аналоговых входов	-	-	2
Количество аналоговых входов	-	-	-
Количество дискретных входов	-	8	6
Количество дискретных входов	-	14	14
Типы интерфейсов	RS-485, RS485, Ethernet, Profibus	RS-485, два порта Ethernet, USB Device	1xPROFINET, RJ45
Напряжение питания, В	24	24	24
Потребляемая мощность, Вт	3	Не более 13	12
Температура окружающей среды, °С	от 0 до 70	от минус 10 до 55	от 0 до 55
Степень защиты	IP67	IP20	IP20
Цена, руб	89 802	25 200	40 990

В результате осмотренных вариантов был выбран ОВЕН ПЛК200. Данный контроллер обладает всеми характеристиками, которые нужны для исследовательского лабораторного стенда и имеет наименьшую цену среди рассмотренных аналогов.

3.4 Выбор дополнительного модуля для ПЛК

В виду ограниченного числа дискретных входов и выходов ПЛК 200, используется также дополнительный модуль расширения. Для дополнительного модуля были рассмотрены модуль дискретного вывода с универсальными входами (Ethernet) MU210-402 и дискретного ввода/вывода (Ethernet) MB210. Данные модули представлены на рисунках 14-15 соответственно. Характеристики модулей представлены в таблице 5.



Рисунок 14 - MU210-402



Рисунок 15 - MB210

Таблица 5 – Сравнение характеристик модулей для ПЛК

Модуль	МК210	МУ210-402
Количество аналоговых входов	-	-
Количество аналоговых входов	-	-
Количество дискретных входов	6	-
Количество дискретных входов	8	16
Интерфейс конфигурирования	USB 2.0, Ethernet	USB 2.0, Ethernet
Напряжение питания, В	(10 – 48)	(10 – 48)
Потребляемая мощность, Вт	4	9
Температура окружающей среды, °C	от минус 40 до 55	от минус 40 до 55
Степень защиты	IP20	IP20
Цена, руб	7 860	7 740

В ходе анализа представленных модулей был выбран модуль МУ210-402, благодаря которому возможно управлять большим количеством исполнительных механизмов, и он имеет меньшую цену.

3.5 Выбор автоматических выключателей

Для того чтобы обеспечить лабораторный исследовательский стенд должной электрической защитой необходимо все электрические приборы пропускать через автоматические выключатели. Для этого были рассмотрены автоматы 10А фирм: IEK ВА47-29 1P 10А 4,5кА х-ка С, Schneider Electric RESI9 (AB) С 10А 1P 6000А, R9F12110, DEKraft мод. 1п В 10А ВА-101 4.5кА 11005DEK, Legrand TX3 1P 10А (С) 6000 представлены на рисунках 16-19 [13] соответственно. Автоматы других номиналов подбирались аналогично.



Рисунок 16 - IEK BA47-29 1P 10A 4,5кА x-ка C



Рисунок 17 - Schneider Electric RESI9 (AB) C 10A 1P 6000A, R9F12110



Рисунок 18 - DEKraft мод. 1п В 10А ВА-101 4.5кА 11005DEK



Рисунок 19 - Legrand TX3 1P 10A (C) 6000

Характеристики автоматических выключателей представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Характеристики автоматических выключателей

Автоматические выключатели	IEK BA47-29 1P 10A 4,5кА х-ка С	Schneider Electric RESI9 (AB) C 10A 1P 6000A, R9F12110	DEKraft мод. 1п В 10А ВА- 101 4.5кА 11005DEK	Legrand TX3 1P 10A (C) 6000
Количество полюсов	1	1	1	1
Номинальный ток, А	10	10	10	10
Номинальная отключающая способность, кА	4,5	6	4,5	6
Номинальное напряжение, В	430	230	230/400	230
Частота сети, Гц	-	50	50	-
Тип расцепления	C	C	B	C
Серия	BA47-29	Resi9	BA-101	TX3
Степень защиты	IP20	IP20	IP20	-
ЦЕНА	200	259	125	260

В результате рассмотренных вариантов был выбран IEK BA47-29 1P 10A 4,5кА х-ка С он обладает достаточной номинальной отключающей способностью, наибольшим номинальным напряжением и имеет тип расцепления C. Так же данный автоматический выключатель среди автоматов по типу расцепления C.

4 Сборка лабораторного исследовательского стенда

4.1 Монтаж основания установки

Сборка стола происходит с уточнением размеров стола и расположение отверстий для удобства прокладки ПВХ труб.

Размеры стола для лабораторного стенда равны:

- столешница 1600x980 мм;
- задняя стенка 1544x870 мм;
- 2 Боковые стенки 870x715 мм;
- нижняя часть 1544x870 мм;
- перегородки между баками 626x100 мм;
- перегородка с задней части стола 1544x150 мм;
- перегородки на передней части стола 1500x100 мм.

Для изготовления стола было выбрано ДСП серого цвета и толщиной 24 мм. В ходе размещения нужных модулей на чертеже было определено что необходимо 2 листа ДСП размером 2440x600. Распиловка материала происходила на ЧПУ-станке, для этого чертёж был выполнен в CorelDRAW. Чертеж представлен в приложении А.

На рисунке 20 представлен собранный стол.



Рисунок 20 – Стол лабораторного исследовательского стенда

4.2 Монтаж гидравлической части установки

В данного этапа разработки идет подготовка баков, отстойника и сепаратора. Для этого была распиlena труба, внутренним диаметром 390 мм и толщиной оргстекла 6 мм, на 2 цилиндра высотой 300 мм, 1 цилиндр высотой 350 мм и 1 цилиндр высотой 600 мм. Сепаратор имеет размеры 600x350x100.

Для оснований также было закуплено оргстекло, которое было распилено на квадраты размером 478 мм. В основании для удобства скрепления цилиндров из оргстекла и основания было выполнено паз внутренним диаметром 390 мм и шириной 5 мм.

Для скрепления разных частей из оргстекла использовался дихлорэтан и герметик. Каждый паз был обработан достаточно обильным количеством дихлорэтана 3 раза для лучшего скрепления [14].

Полученные баки и сепаратор представлены на рисунках 21-24.



Рисунок 21 – Баки для лабораторного исследовательского стенда высотой 300 мм(слева) и 350 мм (справа)



Рисунок 22 – Бак на 40 л для лабораторного исследовательского стенда высотой
600 мм



Рисунок 23 – Бак на 20 л для лабораторного исследовательского стенда высотой
300 мм

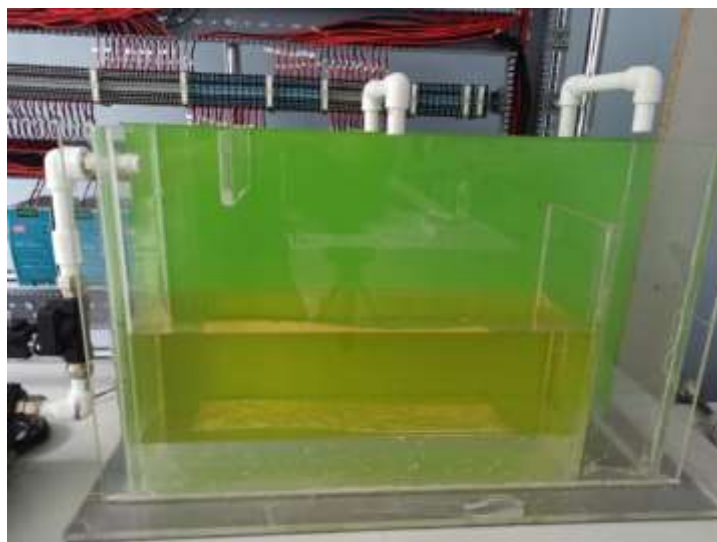


Рисунок 24 – Основная камера сепаратора

Для удобства снятия показаний задняя стенка сепаратора заклеена зеленой самоклеющейся пленкой для упрощения задачи распознавания фракций жидкости.

Далее прокладываются трубы ПВХ диаметром 20 мм и устанавливается электрооборудование на столе лабораторного исследовательского стенда. Для удобства установки труб и оборудования была использована 3Д-модель, представленная на рисунке 25-26.

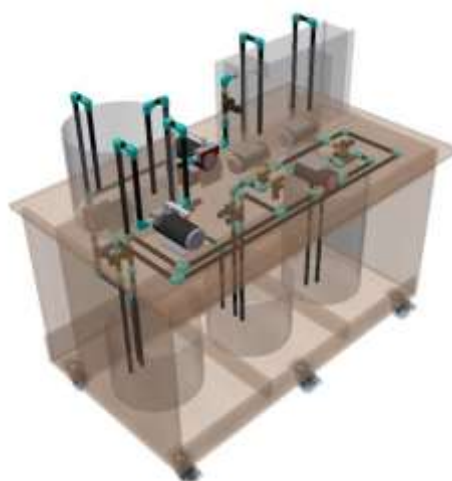


Рисунок 25 – Прокладка труб вид спереди



Рисунок 26 - Прокладка труб вид сзади

Для соединения труб использовался паяльник для полипропиленовых труб. Для этого разогревались конец трубы и отверстие соединения и производилась спайка. Результат работы представлен на рисунках 27-30.



Рисунок 27 – Соединение труб 1



Рисунок 28 - Соединение труб 2



Рисунок 29 - Соединение труб 3



Рисунок 30 - Соединение труб на задней стенке стола

Чтобы электрооборудование давало меньше вибрации при работе была установлена листовая подложка, выполненная пенополистирола, между столом и ножками приборов.

4.3 Электромонтаж

Последним этапом является электромонтаж. Для этого используем однолинейную принципиальную электрическую схему, представленную в приложении Б.

Для обеспечения электричества оборудования был выбрано и закуплено 9 блоков питания MEAN WELL NDR-240-24. Технические характеристики блоков питания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Технические характеристики MEAN WELL NDR-240-24

Технические параметры	Значение
Выходное напряжение, В	24
Входной ток, А	2,8
Выходной ток, А	10
Мощность, Вт	240
Размеры, мм	63x152,2x113,5
Серия	ndr-240
Вес, кг	1.09

Так как питание будет происходить из розетки напряжением 220 В, а входной ток у блоков питания 2,8 А, рассчитаем мощность. Расчёт производим по формуле:

$$P = U \cdot I; \quad (1)$$

где U – входное напряжение;

I – значение входного тока.

Для одного блока питания получаем, что мощность равна:

$$P = 220 \cdot 2,8 = 616 \text{ Вт};$$

А для 9 блоков питания:

$$P = 616 \cdot 9 = 5544 \text{ Вт};$$

Чтобы определить каким сечением провода по нагрузке, необходимо сложить мощности приборов, которые мы подключаем [15]. Далее определяем сечение медных проводов по таблице 8.

Таблица 8 – Сечение медных проводов в зависимости от тока и напряжения

Сечение токопроводящей жилы, мм	Напряжение, 220 В	
	Ток, А	Мощность, кВт
1,5	19	4,1
2,5	27	5,9
4	38	8,3
6	46	10,1

Исходя из таблицы было принято взять:

- для блоков питания – коричневый(+), голубой(-), желто-зеленый(земля) сечением 2,5 мм²;
- для подключения к насосам – красный(+), черный(-) сечением 1,5 мм²;
- для подключения клапанов и электрооборудования – красный(+), черный(-) сечением 0,75 мм².

Общее питание для лабораторного стенда подводится с розетки 220 Вт. Далее через съемную клемму питание подается на 9 блоков питания. После с блоков питания через автоматические выключатели разводится питание через клеммы на электромагнитные реле, ПЛК и дополнительного модуля. С электромагнитных реле питание подводится через клеммы непосредственно к клапанам и насосу.

Для удобства и наглядно подключения электрооборудования стойка с DIN-рейками сверху на столешнице. Это позволит студентам при выполнении лабораторных работ на данном стенде просмотреть весь его принцип работы и что от чего работает.

Чертеж разработанной стойки представлен в приложение В. Расположение стойки представлено на рисунке 31.



Рисунок 31 – Установка стойки с DIN-рейками

Выполненная коммутация проводов представлена на рисунке 32.



Рисунок 32 – Коммутация проводов на стойке

Собранный стенд готов к использованию. Также учтено что могут добавляться дополнительные датчики, которые позволят его усовершенствовать. Связь ПЛК и ПК происходит через Ethernet. Функциональная схема автоматизации представлена в приложении Д.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» представлено технико-экономическое обоснование разработки проекта. Целью разработки данного раздела является доказательства конкурентоспособности и ресурсоэффективности проектирования и реализации лабораторного стенда физического подобия нефтегазового сепаратора, который позволит исследовать процесс подготовки нефти и применить готовые решения на месторождениях, что позволит ускорить процесс сепарации нефти и повысить ее качество.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть научно-исследовательские и образовательные учреждения, в которых происходит исследования в области нефтяной промышленности, а также организации, осуществляющие разработку и эксплуатацию оборудования для подготовки нефти. Для анализа потребителей необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование рынка производится по двум основным критериям: направлению деятельности и размерам организаций. Карта сегментирования приведена в таблице 9.

Таблица 9 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности		
		Научные исследования	Проектирование оборудования	Образовательная деятельность
Размер	Мелкие			
	Средние			
	Крупные			

Таким образом, на основе анализа карты сегментирования, можно сделать вывод, что для реализации разработки подходят образовательные учреждения, а также крупные организации, проводящие научные исследования и проектирование оборудования в сфере подготовки нефти, так как стенд необходим для исследований, которые подразумевают в дальнейшем обширную модернизацию оборудования и внедрение новых технологий.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Основными конкурентами являются стенд «Сепарация нефти» компании «УчтехПрофи» (конкурент 1) и лабораторная установка по изучению сепарации нефтепродуктов компании «measlab» (конкурент 2). Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Оценка конкурентоспособности технических решений представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Сравнение конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к2}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство в эксплуатации	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
Безопасность	0,06	4	4	5	0,24	0,24	0,3
Улучшение производительности	0,10	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Надежность	0,04	4	5	5	0,16	0,2	0,2
Энергоэкономичность	0,02	4	4	4	0,08	0,08	0,08
Уровень автоматизации	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
Качество интеллектуального интерфейса	0,04	4	4	3	0,16	0,16	0,12
Возможность подключения системы к ПК	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6

Продолжение таблицы 10

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к2}	К _{к2}
Экономические критерии оценки ресурсоэффективности							
Конкурентоспособность	0,12	5	4	4	0,6	0,48	0,48
Цена	0,12	5	4	5	0,6	0,48	0,6
Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	5	5	0,5	0,5	0,5
Уровень проникновения на рынок	0,06	2	4	4	0,12	0,24	0,24
Срок выхода на рынок	0,04	3	5	4	0,12	0,2	0,16
Послепродажное обслуживание	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
Итого	1	61	59	58	4,52	4,3	4,24

Из полученных расчетов можно сделать вывод, что разработанный стенд не уступает конкурентам в технических критериях – превосходит в улучшении производительности и уровне автоматизации, а также составляет конкуренцию в экономических критериях, а именно в цене, но проигрывает в уровне проникновения и сроках выхода на рынок, однако техническое превосходство разработанного стенда позволит ускорить его внедрение на рынок.

5.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ подразумевает выделение четырех аспектов, а именно Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Таким образом SWOT – это комплексный анализ всего научно-исследовательского проекта [16]. SWOT-анализ представлен в таблице 11.

Таблица 11 - SWOT-анализ внешней и внутренней среды производства

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Автоматизированный режим работы.</p> <p>С2. Наличие разных режимов работы.</p> <p>С3. Актуальность разработки.</p> <p>С4. Углубленное исследование технологического процесса.</p> <p>С5. Возможность использования стенда в учебных целях</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Отсутствие прототипа.</p> <p>Сл2. Медленный вывод на рынок разработанного стенда.</p> <p>Сл3. Большие габариты установки.</p> <p>Сл4. Наличие в составе системы компонентов импортного производства.</p> <p>Сл5. Возможность утечки нефтесодержащих жидкостей.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Исследовать более эффективные методы подготовки нефти.</p> <p>В2. Получить гранты на исследования.</p> <p>В3. Модернизировать оборудование подготовки нефти (нефтегазовых сепараторов).</p> <p>В4. Заменить сложное лабораторное оборудование в области исследования подготовки нефти.</p> <p>В5. Использовать стенд для изучения автоматизации технологических процессов.</p>	<p>Снижение человеческого фактора возможность проведения исследований в автоматизированном режиме, отсутствие задействовать специалистов знающих лабораторное оборудование повышают спрос.</p> <p>Изучение технологического процесса даст возможность использования полученной информации для написания статей и привлечения интереса фондов поддержки проектов.</p>	<p>Большие габариты стенда и возможность утечки нефтесодержащих жидкостей могут создать трудности в процессе исследований, а также стать причиной отказа спонсирования разработки. Использование импортного оборудования может стать проблемой для внедрения разработки в отечественную промышленность.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на стенд.</p> <p>У2. Развивающаяся конкуренция на рынке.</p> <p>У3. Малый объем рынка сбыта.</p> <p>У4. Введение санкций на оборудование, используемое в стенде.</p>	<p>Актуальность разработки и отсутствие труднодоступного оборудования устранил отсутствие спроса на проект. Полученные из исследований технологического процесса данные позволят усовершенствовать стенд и выделить проект среди конкурентов, а также увеличить объем рынка сбыта. Использование стенда в учебных целях может увеличить рынок сбыта.</p>	<p>Отсутствие прототипа и медленный вывод на рынок разработанного стенда могут поспособствовать значительному отставанию от конкурентов. Конструктивные и технические недостатки могут быть весомой причиной отсутствия спроса на стенд.</p>

Разработанный SWOT-анализ позволил дать оценку внутренней и внешней среды проекта, выявить сильные и слабые стороны, а также определить дальнейшие пути развития. Для уменьшения угроз и борьбы со слабыми сторонами необходимо:

- для уменьшения влияния мировой экономической регрессии стремиться к замене импортных элементов системы на отечественные;
- совершенствовать степень безопасности стенда и разработать систему аварийной защиты;
- производить анализ деятельности конкурентов на рынке и действовать на опережение, расширяя функционал системы и повышая качество элементной базы.

5.4 Планирование научно-исследовательских работ

5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р) и инженер (И). Проектная работа делиться на этапы, каждый из которых имеет своё содержание и исполнителей [16]. Этапы реализации проекта представлены в таблице 12.

Таблица 12 - Этапы реализации проекта

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Выбор направления исследования	1	Выбор направления научного исследования	Р, И
	2	Постановка основных целей и задач	Р
Разработка технического задания	3	Составление и утверждение технического задания	Р, И
Анализ предметной области	4	Обзор научно-технической литературы	И
	5	Календарное планирование работ	Р, И
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	И

Продолжение таблицы 12

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Теоретические и экспериментальные исследования	7	Разработка структурной схемы автоматизации	И
	8	Подбор оборудования	И
	9	Разработка алгоритмов работы	И
	10	Разработка 3Д – модели стенда	И
	11	Разработка однолинейной электрической цепи	И
	12	Сборка стенда	И
Дополнительные разделы	13	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	И
	14	Написание раздела «социальная ответственность»	И
Проверка результатов	15	Проверка работы руководителем	Р
Оформление отчета по НИР	16	Составление пояснительной записки	И

По итогам определения структуры работ в рамках реализации проекта, было определено 7 основных этапов, состоящих из 16 работ, при этом исполнителем большей части работ является инженер.

5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Как правило, затраты на оплату труда составляют большую часть стоимости разработки, поэтому неотъемлемым действием определения ресурсоэффективности является определение трудоемкости работ участников проектирования [16]. Среднее значение трудоемкости $T_{ожи}$ рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ожи} = \frac{3 \cdot T_{mini} + 2 \cdot T_{maxi}}{5}, \quad (2)$$

где $T_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел/дн.;

T_{mini} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

T_{maxi} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

С помощью рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ можно вычислить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} с учетом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями. Продолжительность одной работы рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{pi} = \frac{T_{ожи}}{Ч_i}, \quad (3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$T_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – количество исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни согласно следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы, календ. дн.;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы, раб. дн.;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{кал} - T_{пр}}, \quad (5)$$

Таким образом, коэффициент календарности равен:

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48,$$

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	T_{min} , чел- дни		T_{max} , чел- дни		$T_{ожi}$, чел-дни					
	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель
1	2	2	5	5	3,2	3,2	1,6	1,6	2,4	2,4
2	0	2	0	5	0	3,2	0	3,2	0,0	4,7
3	5	1	10	3	7	1,8	3,5	0,9	5,2	1,3
4	14	0	30	0	20,4	0	20,4	0	30,2	0,0
5	1	1	3	3	1,8	1,8	0,9	0,9	1,3	1,3
6	1	0	5	0	2,6	0	2,6	0	3,8	0,0
7	1	0	5	0	2,6	0	2,6	0	3,8	0,0
8	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	14,5	0,0
9	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	6,8	0,0
10	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	14,5	0,0
11	7	0	14	0	9,8	0	9,8	0	14,5	0,0
12	14	0	30	0	20,4	0	20,4	0	30,2	0,0
13	3	0	7	0	4,6	0	4,6	0	6,8	0,0
14	2	0	5	0	3,2	0	3,2	0	4,7	0,0
15	0	8	0	15	0	10,8	0	10,8	0,0	16
16	1	0	3	0	1,8	0	1,8	0	2,7	0,0
Итого	68	14	152	31	102	21	96	17	141	26

Таким образом, разработка лабораторного стенда физического подобия на основе трех фазного сепаратора займет 96 рабочих дня инженера и 17 рабочий день руководителя.

По полученным данным была построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 33.

№ работ	Вид работ	Исполнители	Тк _i , кал. Дни	Продолжительность выполнения работ														
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Выбор направления научного исследования	Р,И	2															
2	Постановка основных целей и задач	Р	5															
3	Составление и утверждение технического задания	Р,И	5															
4	Обзор научно-технической литературы	И	30															
5	Календарное планирование работ	Р,И	1															
6	Разработка функциональной схемы автоматизации	И	4															
7	Разработка структурной схемы автоматизации	И	4															
8	Подбор оборудования	И	5															
9	Разработка алгоритмов работы	И	7															
10	Разработка 3Д – модели стенда	И	15															
11	Разработка однолинейной электрической цепи	И	15															
12	Сборка стенда	И	30															
13	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	И	7															
14	Написание раздела «социальная ответственность»	И	5															
15	Проверка работы руководителем	Р	16															
16	Составление пояснительной записки	И	3															

Рисунок 33 – Диаграмма Ганта

Из диаграммы Ганта видно, что значительный промежуток времени выделено на проектировку и сборку стенда.

5.5 Бюджет научно-технического исследования

5.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_t) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (6)$$

где Z_m – материальные затраты, руб.;

m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

k_t – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования.

Для разработки проекта необходим ПК, а также программное обеспечение. ТПУ предоставляет бесплатный доступ к разному виду ПО, в том числе необходимыми для разработки стенда программам. Материальные ресурсы, необходимые следующие материальные ресурсы: оборудование для сборки стенда (датчики и исполнительные механизмы), расходные материалы (канцелярия, провода изоляция и т.д.). Материальные ресурсы, необходимые для реализации стенда представлены в таблице 14.

Таблица 14 - Материальные затраты для создания стенда

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Цена (всего), руб.
Насос Singflo FP-12	Шт.	7	7 000	49 000
Клапан sf62322	Шт.	11	2 923	3 153
Контроллер Овен ПЛК220	Шт.	1	25 200	25 200
Модули дискретного вывода (Ethernet) МУ210	Шт.	1	7 440	7 440
Автоматические выключатели на 10А	Шт.	8	184	1 472
Автоматические выключатели на 6А двухполюсный	Шт.	1	534	534
Автоматические выключатели на 32А двухполюсный	Шт.	1	395	395
УЗО на 32 А	Шт.	1	1 500	1 500
ДСП	Шт.	4	5 000	20 000
Трубы ПВХ	Шт.	20	193	3 860
Оргстекло	Шт.	1	50 000	50 000
Провода	метров	200	11	2 200
Итого, руб.				253 754

Таким образом, материальные затраты на проектирование и реализацию лабораторного стенда физического подобия на основе нефтяного сепаратора составят 253 754 рубля.

5.5.2 Расчет амортизационных отчислений

Разработка проекта производится в течение 5 месяцев с использованием персонального компьютера первоначальной стоимостью 40 000 рублей. Срок его полезного использования составляет 3 года [17].

Норма амортизации рассчитывается согласно следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Таким образом, норма амортизации для используемого ПК составит:

$$H_A = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 33.3\%.$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_{\text{год}} = \frac{40000 \cdot 33,3}{100} = 13320 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления за 5 месяцев составят:

$$A = \frac{13320 \cdot 5}{12} = 5550 \text{ руб.}$$

По результатам расчетов амортизационные отчисления на реализацию проекта в течение 5 месяцев составили 5 550 рублей.

5.5.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Помимо материальных затрат, необходимо рассчитать включающую премию и доплаты заработную плату работников, которые непосредственно заняты выполнением НТИ, а также дополнительную заработную плату.

Заработная плата работников складывается из основной и дополнительной:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (8)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

При этом основная плата работников, непосредственно занятых выполнением НТИ равняется произведению среднедневной платы работника и количества рабочих дней:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (9)$$

где $З_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}}, \quad (10)$$

где $З_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научнотехнического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается согласно следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot K_{\text{р}}, \quad (11)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равный примерно 0,2 – 0,5;

$K_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Показатели рабочего времени для инженера и руководителя представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих (выходных и праздничных) дней	118	118

Продолжение таблицы 15

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	48	72
Количество месяцев без отпуска	10,6	9,8
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Таким образом, действительный годовой фонд рабочего времени составляет 199 и 175 дней для руководителя и инженера соответственно.

Расчет основной заработной платы приводится в таблице 16.

Таблица 16 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	K_p	$З_{м, руб.}$	$З_{дн}$	$T_{раб, дни}$	$З_{осн, руб.}$
Руководитель	38 000	0,3	0,2	1,3	74 100	3 947,04	17	67 099,6
Инженер	13 000	0,3	0,2	1,3	25 350	1 419,6	96	136 281,6

По результатам расчётов можно заключить, что основная заработная плата за реализацию проекта составит 67 099,6 рубля для инженера и 136 281,6 для руководителя.

5.5.4 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot k_{доп}, \quad (12)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Примем $k_{\text{доп}}$ равным 0,12, тогда дополнительная плата руководителя и инженера будет рассчитываться следующим образом:

$$З_{\text{допР}} = 67\,099,6 \cdot 0,12 = 8\,052;$$

$$З_{\text{допИ}} = 136\,281,6 \cdot 0,12 = 16\,353,8.$$

В итоге, с учетом основной и дополнительной, заработная плата для руководителя будет 75 151,6 рублей, а для инженера – 152 635,4 рублей.

5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Нормами законодательства Российской Федерации установлены обязательные отчисления от затрат на оплату труда работникам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС), величина которых рассчитываются по следующей формуле [18]:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot З_{\text{зп}}, \quad (13)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

Размер страховых взносов равен 30 % от заработной платы. Сюда включены взносы на пенсионное страхование – 22 %, на медицинское страхование – 5,1 %, а также на соцстрахование – 2,9 %. Отчисления во внебюджетные фонды представлены ниже в таблице 17.

Таблица 17 – Отчисление во внебюджетные фонды

Исполнитель	Заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель	75 151,6	30	22 545,5
Инженер	152 635,4	30	45 790,6
Итого			68 336,1

В итоге, сумма отчислений во внебюджетные фонды для двух работников составила 68 336,1.

5.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя затраты на управление, хозяйственное обслуживание, эксплуатацию и ремонт оборудования и составляют 15-20% от суммы заработной платы и отчислений:

$$C_n = k_n \cdot (Z_{зпР} + Z_{зпИ}), \quad (14)$$

где C_n – накладные расходы, руб.;

k_n коэффициент накладных расходов;

$Z_{зпИ}$ – заработная плата инженера, руб.;

$Z_{зпР}$ – заработная плата руководителя, руб.

Тогда накладные расходы равны, при коэффициенте 20%:

$$C_n = 0,2 \cdot (75\ 151,6 + 152\ 635,4) = 45\ 557,4.$$

По результатам расчётов можно заключить, что накладные расходы на реализацию проекта составят 45 557,4 рублей.

5.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Затраты проекта формируются на основе рассчитанной величины затрат научно-исследовательской работы. Определение бюджета затрат на научно-исследовательскую деятельность представлено таблице 18.

Таблица 18 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	253 754
Амортизационные расходы	5 550

Продолжение таблицы 18

Наименование статьи	Сумма, руб.	Наименование статьи
Затраты по заработной плате работников	- руководитель	75 151,6
	- инженер	152 635,4
Отчисления во внебюджетные фонды	- руководитель	22 545,5
	- инженер	45 790,6
Накладные расходы		45 557,4
Бюджет затрат НИИ		600 984,4

Согласно расчетам, бюджет затрат научно-исследовательской работы составил 600 984,4 рублей. Основной статьей расходов материальные затраты – 42,2 %, на втором месте заработная плата работников – 37,9 %, после – отчисления во внебюджетные фонды – 11,4 %, далее накладные расходы – 7,6 %, на последнем месте амортизационные отчисления – 0,9 %.

5.6 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Определение эффективности исследования основано на расчете интегрального показателя эффективности, который рассчитывается согласно следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (15)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

На рынке существуют следующие аналоги разрабатываемого стенда: аналог 1 – лабораторная установка по изучению сепарации нефтепродуктов компании «measlab» стоимостью 472 830 рублей, аналог 2 – стенд учебный «Сепарация нефти» компании «Учтех-Профи» стоимостью 747 740 рублей. Реализация разрабатываемого стенда составит 600 984,4 рублей.

Таким образом интегральный финансовый показатель разработки относительно конкурентов составляет:

$$I_{\text{финр}}^{\text{разраб.}} = \frac{600\,984,4}{747\,740} = 0,8;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ан.1}} = \frac{472\,830}{747\,740} = 0,63;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{ан.2}} = \frac{747\,740}{747\,740} = 1.$$

Разница финансовых показателей разработанного стенда и аналога 1 отличаются примерно на 0,2, однако аналог 1 не предоставляет необходимого функционала, в отличие от аналога 2. В свою очередь аналог 2 дороже разрабатываемого стенда.

Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитывается согласно следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i, \quad (16)$$

где I_{pi} – интегральный финансовый показатель разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения;

b_i – балльная оценка i -го варианта исполнения.

Расчет интегральных показателей разрабатываемого стенда (П), стенда компании «measlab» (A1) и стенда компании «Учтех-Профи» (A2) приведен в таблице 19.

Таблица 19 - Сравнительная оценка характеристик

Критерий	Весовой коэффициент	Балл			Интегральный финансовый показатель		
		П	A1	A2	П	A1	A2
Функционал	0,2	5	1	3	1	0,2	0,6
Энергоэффективность	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
Простота эксплуатации	0,09	5	2	4	0,45	0,18	0,36
Помехоустойчивость	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Надежность	0,15	3	3	4	0,6	0,45	0,6
Энергосбережение	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
Безопасность	0,1	4	4	5	0,5	0,4	0,5
Ремонтопригодность	0,12	5	3	4	0,6	0,36	0,48
Потребление ресурсов	0,07	4	3	4	0,28	0,14	0,28
Итого					4,68	2,78	4,17

Согласно полученным результатам расчетов, разрабатываемый проект является более ресурсоэффективным, чем имеющиеся на рынке аналоги.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{pi}}{I_{\text{испл.}i}}, \quad (17)$$

Сравнительная эффективность вариантов исполнения рассчитывается по формуле, представленной ниже:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{разраб.}}}{I_{\text{ан.}i}}, \quad (18)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{разраб.}}$ – интегральный показатель эффективности разработки;

$I_{\text{ан.}i}$ – интегральный показатель эффективности аналога.

Расчет сравнительной эффективности разработки представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разрабатываемый проект	Аналог 1	Аналог 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,8	0,63	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,43	2,85	4,17
Интегральный показатель эффективности	5,53	3,44	4,17
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	1,6	1,3

Таким образом, основываясь на расчете интегральных показателей финансов, ресурсоэффективности и эффективности, можно сделать вывод, что разрабатываемый лабораторный стенд физического подобия на основе нефтяного сепаратора превосходит своих конкурентов. Это обусловлено тем, что разработанный проект обладает самым большим функционалом и техническими возможностями.

5.7 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе разработки данного раздела были выявлены потенциальные потребители проектируемого лабораторного стенда физического подобия на основе нефтяного сепаратора. Разработанный стенд может быть применен на крупных научно-исследовательских и проектных организациях, специализирующихся на подготовке нефти, а также в образовательных учреждениях.

В процессе анализа конкурентных технических решений были определены конкуренты разработки: компании «measlab» и «УчтехПрофи». Разработанная установка значительно превосходит конкурентов по функционалу, однако проигрывает по надежности и энергоэффективности.

В ходе SWOT-анализа были определены основные пути развития, основными из которых являются совершенствование системы безопасности, анализ рынка и импортозамещение.

Помимо этого, были произведены расчеты трудоемкости НТИ: поставленные задачи, необходимые для разработки проекта были соотнесены со сроком их выполнения и исполнителем. Согласно расчетам, для реализации проекта понадобится 96 дня работы инженера (что соответствует 141 календарным дням) и 17 дней работы руководителя (что соответствует 26 календарным дням).

По составленной диаграмме Ганта было выявлено, что наиболее времязатратными работами являются проектировка и сборка стенда.

Расчет затрат на разработку стенда показал, что Основной статьей расходов материальные затраты – 253 754 (42,2 %), на втором месте заработная плата работников – 227 786,9(37,9 %), после – отчисления во внебюджетные фонды – 68 336,1(11,4 %), далее накладные расходы – 45 557,4(7,6 %), на последнем месте амортизационные отчисления – 5 500(0,9 %). В итоге, бюджет затрат научно-исследовательской работы составил 600 984,4 рублей.

В ходе анализа ресурсной, финансовой и экономической эффективности согласно расчетам интегральных показателей ресурсоэффективности, эффективности и финансов было доказано превосходство разрабатываемого стенда над конкурентами. Сравнительная эффективность разработки относительно аналогичных установок компаний «measlab» и «УчтехПрофи» составила 1,6 и 1,3 соответственно.

6 Социальная ответственность

В наше время важную роль эффективного производства занимает безопасное использование оборудования. В данном разделе будут рассмотрены и проанализированы недостатки влияющих факторов на здоровье человека во время работы за лабораторным стендом, а также будут выявлены чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть во время работы. По завершению анализа будут рассмотрены возможности исключения или уменьшения опасных факторов и чрезвычайных ситуаций.

В данной работе был разработан и реализован лабораторный исследовательский стенд физического подобию на основе нефтяного сепаратора. Стенд включает в себя: сепаратор, насосы, ОВЕН ПЛК200, электромагнитные клапаны, программную часть, которая осуществляет формирование отчетов по собранным данным.

Данный стенд предназначен для исследований в области подготовки нефти. Он может использоваться в учебных образовательных учреждениях, научных лабораториях, исследовательских компаниях и высших учебных заведениях.

Процесс сепарации нефти плохо изучен на данный момент. Исследования на данном стенде позволят выявить факторы, которые в дальнейшем возможно будет усовершенствовать и наладить оптимально данный процесс.

При работе за лабораторным стендом требуется один оператор. В его функции входит установка нужных параметров для программируемого логического контроллера, отслеживания правильности работы оборудования, а также регулирования режима работы в зависимости от заданной задачи.

Основные факторы, которые возникают при работе со стендом, это короткое замыкание, производственный шум, повышенный уровень вибрации. В данном разделе будут рассмотрены и проанализированы данные факторы, а также рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

При разработке лабораторного стенда должны учитываться меры обеспечения безопасности рабочей зоны оператора. Данные меры рассматриваются в ГОСТе 22269-76, который распространяется на индивидуальные рабочие места операторов стационарных и подвижных объектов системы "человек-машина" и устанавливает общие эргономические требования к взаимному расположению элементов рабочего места [19].

При взаимном расположении элементов рабочего места необходимо учитывать:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;
- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации и
- материалов, используемых человеком-оператором.

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами.

При расположении элементов рабочего места должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003-74, а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места.

Взаимное расположение пульта управления, кресла, органов управления и средств отображения информации должно производиться в соответствии с антропометрическими показателями, структурой деятельности, психофизиологическими и биомеханическими характеристиками человека-оператора.

Рабочее место оператора лабораторного стенда представляет собой трудовую зону, оснащенную техническими средствами, необходимыми для управления данного объекта и системы в целом.

В основном оператор будет отслеживать информацию на мониторе ПЭВМ. Данная работа выполняется сидя, поэтому нужно учитывать ГОСТ 12.2.032-78. В данном документе указывается, что рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм [20].

Исходя из всего выше сказанного, при планировки рабочего места необходимо учитывать следующее:

1. рекомендуемый проход слева, справа и спереди от стола 500 мм. Слева от стола допускается проход 300 мм;

2. рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Конструкция рабочего стола должна удовлетворять требованиям эргономики;

3. конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего кресла следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ;

4. кресло не может располагаться непосредственно на границе площади рабочего места. Рекомендуемое расстояние от спинки стула до границы должно быть не менее 300 мм.

6.2 Производственная безопасность

Разработка и эксплуатация стенда производится в закрытом помещении с помощью персонального компьютера. Для анализа факторов, влияющих на работу оператора, воспользуемся ГОСТ 2.0.003-215. ССБТ, в котором рассматриваются опасные и вредные производственные факторы, и их классификация [21].

Система, управляющая процессом подготовки эмульсии и сепарации состоит из насосов, клапанов, датчиков контроля и персонального компьютера.

Источником вредных и опасных факторов может являться любое из перечисленных оборудования. Характерные факторы для разрабатываемой системы представлены в таблице 21 согласно ГОСТу 2.0.003-215. ССБТ.

Таблица 21 – Возможные вредные и опасные факторы.

Факторы (ГОСТ 12.0.003- 2015.ССБТ)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Отклонения показателей микроклимата	+	+	+	<ul style="list-style-type: none">– ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.– СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.– СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.– СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение– СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
3. Превышение уровня шума	-	+	+	
4. Риск поражения током, вызываемый разницей потенциалов	+	+	+	
5. Превышение уровня электромагнитных излучений	-	+	+	

6.3 Отклонения показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения; комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, на тепловое состояние человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда. К параметрам микроклимата относятся: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха. Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы.

Для оператора станда она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно, предоставлены в таблице 22.

Таблица 22 - Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	(23 – 25)	(21 – 25)	(40 – 60)	0,1
Холодный	(20-22)	(22-26)	(40-60)	0,1

Поддержание оптимальных показателей микроклимата обеспечивает создание благоприятных условий труда и повышению его производительности. Для этого должны быть предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование.

6.4 Превышение уровня шума

Воздействие шума на организм человека негативно сказывается на нервной системе, оказывая значительное психологическое воздействие. Длительное воздействие шумов уровня (70-90) дБ может привести к заболеваниям нервной системы. Кроме того, воздействие шума способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний [22].

Основными источниками шума в проектируемом стенде являются:

- насосы;
- жесткие диски;
- система охлаждения центральных процессоров.

В динамическом режиме работы стенда возможна одновременная работа мешалки, двух насосов, компрессора и ПК. Используемый в установке насосы обладают 40 – дБ(А), ПК – 40 дБ(А). Допустимые показатели звукового давления в помещениях для данного типа работ представлены в таблице 23.

Таблица 23 - Допустимые уровни звука на рабочем месте

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентного звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Основными источникам шума стенда являются насосы и ПК. Другие источники хорошо изолированы от внешней среды. На человека данный шум не представляет опасности, однако можно снизить воздействие уровня шума при помощи средств индивидуальной защиты.

Для снижения уровня шума, производимого ПК и лабораторным стендом, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от

пыли, замена смазывающих веществ; также применяются звукопоглощающие материалы.

6.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Согласно СНиП 23-05-95* отсутствие освещения или его нехватка классифицируется как вредный производственный фактор. Работа при недостаточном освещении может привести к переутомлению, усталости глаз, головным болям, что неизбежно приводит к снижению работоспособности. Управление оператором лабораторного стенда процессами с помощью ПК оценивается как зрительная работа очень высокой точности, при этом наименьший размер объекта различения ограничивается (0,15-0,3) мм. Что является II-м разрядом зрительной работы. В помещениях, предназначенных для работы с ПЭВМ, освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения должна быть не менее 300 лк. Требования к освещению рабочей зоны для работ очень высокой точности II-го разряда зрительной работы указаны в таблице 24.

Таблица 24 - Требования к освещению рабочей зоны для работ очень высокой точности II-го разряда зрительной работы

Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Фон	Освещенность, лк (комбинированное освещение)	КЕО е, %	
				Верхнее или комбинированное освещение	Боковое освещение
а	малый	темный	400	4,2	1,5
б	малый средний	средний темный	300		
в	малый средний большой	светлый средний темный	200		
г	средний большой	светлый средний	200		

Для соблюдения требований освещенности необходимо, чтобы рабочее место оператора располагалось в помещении с наличием источника естественного освещения. Отсутствие естественного освещения, как и его нехватка, классифицируется как вредный производственный фактор.

6.6 Электробезопасность

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 поражение электрическим током относится к опасным производственным факторам. Электрический ток способен привести к острому поражению или мгновенному воздействию относительно высокоинтенсивного воздействия, приводящий к летальному исходу.

Главной причиной поражения электрическим током в данной системе может быть прямой контакт со шкафом управления или другими электрическими приборами.

Именно питание от промышленной сети вызывает наибольшую опасность для персонала. Оборудование стенда питается как переменного напряжения в 220 В.

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2017 все что питается от промышленной сети необходимо сопроводить предупреждающими знаками, чтобы персонал не делал ошибочных действий и движений.

Все токоведущие части стенда и ПК должны быть изолированы. Все оборудование должно быть заземлено. Значение сопротивления между заземляющим зажимом и каждой доступной прикосновению металлической частью, которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,1 Ом.

Согласно ГОСТ Р 51350-99 «Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования» электрическая изоляция цепей должна выдерживать испытательное напряжение 1 кВ переменного тока частотой 50 Гц в течение 1 мин без пробоя или перекрытия.

Стенд должен быть оборудован автоматическими выключателями для защиты от короткого замыкания и перегрузок.

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок, утвержденным приказом Минтруда России от 24.07.2013 N 328н, управлять лабораторным стендом, то есть пользоваться ПК для анализа параметров установки и проведения экспериментов может пользоваться персонал, имеющий I группу электробезопасности. При этом обслуживать стенд, производить подключения и любые манипуляции с оборудованием стенда он не может. Для присвоения I группы электробезопасности достаточно пройти инструктаж со стороны специально назначенного лица с группой допуска не ниже III и ответить на контрольные вопросы.

Обслуживать стенд может персонал со II квалификационной группой, но без возможности производства подключений и под присмотром персонала с III группой и выше. Персонал может быть аттестован на вторую группу допуска при отсутствии специального образования и при минимальном стаже работы в электроустановках по первой группе.

Персонал, единолично обслуживающий стенд, должен иметь группу по электробезопасности не ниже третьей. III группа электробезопасности присваивается по результатам аттестации в комиссии предприятия или отделения Ростехнадзора.

Проверка знаний электротехнического персонала, работающего непосредственно с лабораторным стендом физического подобию должна проводиться ежегодно.

6.7 Превышение уровня электромагнитных излучений

Аппаратная часть установки состоит из насосов, электромагнитных клапанов, контрольно-измерительных приборов контроллера и ПК. Всё это оборудование создает электромагнитное излучение, которое возникает от

любого устройства, потребляющего или создающего электроэнергию. Воздействие электромагнитного излучения наносит вред организму человека.

СанПиН 2.2.4.3359-16 устанавливает допустимые нормы электромагнитного излучения [23].

Проектирование АСУ предполагает, что рабочее помещение, в котором находится оператор лабораторного стенда, снабжено ПК, с помощью которого требуется происходит управление процессом. Кроме того, периферийные устройства также создают электромагнитное поле. В результате продолжительной работы персонала в зоне электромагнитного излучения оборудования, у людей появляется усталость, снижение реакции, ухудшение зрения.

Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания персонала без средств защиты в электромагнитном поле представлены ниже в таблице 25.

Таблица 25 - Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, [А/м] при воздействии	
	Общее воздействие	Локальное воздействие
1 и менее	1600	6400
2	800	3200
4	400	1600
8	80	800

Что касается способов защиты и уменьшения влияния электромагнитного излучения, то можно воспользоваться следующими действиями:

- смена должна длиться менее 8 часов в день;
- уменьшение времени нахождения человека в электромагнитном поле, а именно организация перерывов каждые (45 – 60) минут на (10 – 15) минут;
- увеличение расстояния от персонала до источника электромагнитных излучений;

Таким образом, воспользовавшись данными действиями дополнительные средства защиты окажутся не востребованными.

6.8 Экологическая безопасность

Основным инструментом работы при разработке и эксплуатации является ПК и стенд, потребляющие электроэнергию. На сегодняшний день является серьезной проблемой. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушению экологической обстановки, так как электростанции в своей деятельности используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных выбросов в атмосферу.

Данная проблема является мировой. На сегодняшний день во многих странах внедрены альтернативные источники энергии (солнечные батареи, энергия ветра). Еще одним способом решения данной проблемы является использование энергосберегающих систем.

При работе со стендом производства не осуществляется. К отходам, производимым в помещении можно отнести бытовой мусор и периодическую замену нефти и воды в стенде.

Утилизация отработанной нефти осуществляется в фирмах по утилизации отходов (масел).

Основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор (в т. ч. люминесцентные лампы), неисправное электрооборудование, коробки от техники, использованная бумага. Утилизация отходов печати вместе с бытовым мусором происходит в обычном порядке.

6.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее характерной ЧС для проектируемого стенда является пожар, это обусловлено использованием нефти, которая является горючим веществом.

Для ослабления последствий пожара в здании должны находиться углекислотный огнетушитель, сухой песок и внутренние пожарные водопроводы находиться. Они предназначены для своевременного тушения небольших локальных возгораний.

Чем больше оснащена установка автоматизированными элементами, тем более вероятен риск возникновения пожара, так как количество и функциональная сложность оборудования выше. Поэтому система совершенствуется таким образом, чтобы исключить возникновение искры в токопроводящих цепях. Для этого при достижении критических параметров, то есть предельных значений, включается аварийная сигнализация. Информация выводится на АРМ оператора, где принимаются действия по безопасной остановке технологического процесса. Кроме того, предусмотрено автоматическое выключение электропитания при достижении верхнего и аварийного уровня давления и температуры в основной емкости сепаратора и смесителе.

Для предотвращения пожара, многие датчики были выбраны во взрывозащищенном исполнении.

Действия, которые можно предпринять для предотвращения пожара:

- организация обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- разработка мероприятий по действиям персонала на случай возникновения пожара и организация эвакуации людей;
- назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц.

К эксплуатационным мероприятиям относятся:

- поддержание исправной изоляции проводников;
- поддержание свободного подхода к оборудованию;
- соблюдение противопожарных инструкций при прокладке электропроводок, эксплуатации оборудования, освещения.

Действия при пожаре на производстве регламентируются правилами обеспечения пожарной безопасности предприятия. Основой для подготовки

инструкции по эвакуации служат Противопожарные правила, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 25.04.2012 №390 «О противопожарном режиме». Общие правила же правила поведения при обнаружении пожара персоналом остаются неизменными:

- немедленно сообщить в пожарную службу;
- сообщить руководству предприятия;
- включить сигнализацию, систему пожаротушения;
- оказать помощь в эвакуации людей и тушении пожара.

6.10 Выводы по разделу социальная ответственность

При выполнении раздела «Социальная ответственность» рассмотрены организационные и правовые вопросы обеспечения безопасности, которых позволяют осуществить проанализировать основные нормативные документы, регулирующие и регламентирующие производственную деятельность инженера.

Выполнен анализ факторов на предмет выявления основных техносферных опасностей и вредностей, предложены методы минимизации их воздействий и защиты от них. Так же рассмотрены вопросы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях при использовании разрабатываемого лабораторного стенда. Следование правилам, описанным в данном разделе, помогут избежать чрезвычайных ситуаций, а также обеспечить здоровье персонала и сохранность окружающей среды.

Заключение

В результате дипломной работы был создан лабораторный исследовательский стенд для динамических и статических режимов работы нефтяного сепаратора. Также разработана сопутствующая документация: структурная схема работы лабораторного стенда, САД-модель и принципиальная схема электромонтажа.

Благодаря структурной схеме и однолинейной электрической схеме было определено количество электрооборудования и количество проводов различного сечения необходимые для полноты работы стенда.

Проведена разработка алгоритмического обеспечения технологического процесса. Были разработаны алгоритмы динамического и статического режима работы стенда, а также алгоритм технического прогона оборудования.

По всем созданным документам был собран лабораторный исследовательский стенд. В данный стенд входят электрооборудование и элементы такие как: насосы, электромагнитные клапаны, ПЛК, дополнительный модуль, электромагнитное реле, блоки питания.

Данный стенд удовлетворяет всем требованиям, которые закладывались первоначально в проекте. Свободные дискретные выходы на ПЛК и дополнительном модуле позволяют усовершенствовать и модернизировать разработанную САУ от необходим возникающих потребностей.

Стенд позволит изучать физический процесс сепарации нефти в учебных заведениях и выходя на производство уже обладать данным опытом работы.

Список использованных источников

1. Добыча нефти в России [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://dprom.online/oilngas/dobycha-nefti-v-rossii/>, свободный, (дата обращения 15.03.2021).
2. Рейтинг стран по добыче нефти в 2019 году составлен экспертами нефтяной статистики [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/210552357>, свободный, (дата обращения 15.03.2021).
3. Добыча нефти в России — история, статистика по годам, регионам, компаниям [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://prognostica.info/news/show/36>, свободный, (дата обращения 15.03.2021).
4. Нефтегазовые сепараторы: типы и назначение [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://yandex.ru/turbo/fb.ru/s/article/331035/neftegazovyie-separatoryi-tipyi-i-naznachenie>, свободный, (дата обращения 15.03.2021).
5. Виды сепараторов нефти [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.npommz.ru/blog/vidy-separatorov-nefti>, свободный, (дата обращения 15.03.2021).
6. Виды сепараторов по принципу действия [Электронный ресурс]: <https://rsm-mash.ru/vidyi-separatorov-po-princzipu-dejstviya.html> – Режим доступа: , свободный, (дата обращения 15.03.2021).
7. autodesk [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/>, свободный, (дата обращения 01.04.2021).
8. Учебник Autodesk Inventor [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://autocad-lessons.ru/samouchitel-inventor/>, свободный, (дата обращения 04.03.2021)
9. Что такое однолинейная схема электроснабжения и какие требования для её проектирования [Электронный ресурс]: <https://odinelectric.ru/elektrosnabzhenie/chto-takoe-odnolinejnaja-shema> – Режим доступа:, свободный, (дата обращения 01.04.2021).

10. Схема Однолинейная Электрическая Гост [Электронный ресурс]: <https://tokzamer.ru/bez-rubriki/shema-odnolinejnaya-elektricheskaya-gost-obrazec> – Режим доступа: свободный, (дата обращения 05.04.2021).
11. Путеводитель по основам AutoCAD [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/inventor-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2014/RUS/Inventor/files/GUID-FAB20788-37A4-4A49-BBFF-4231DEEFA8B3-htm.html>, свободный, (дата обращения 05.04.2021).
12. ПЛК200 контроллер для малых и средних систем автоматизации [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://owen.ru/product/plk200>, свободный, (дата обращения 15.04.2021).
13. Сравнение товаров категории «Автоматические выключатели тока (АВТ)» [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://www.onlinetrade.ru/compare.html?cat_id=2307, свободный, (дата обращения 15.04.2021).
14. Применение Дихлорэтана для склеивания пластмассы Режим доступа: <https://odikom.ru/toksiny-i-yady/primenenie-dihloretana.html>, свободный, (дата обращения 26.04.2021).
15. Выбор мощности, тока и сечения проводов и кабелей [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <https://os-info.ru/enziklopedia-brzopasnosti/poleznye-sovety/spravochnye-tablicy.html>, свободный, (дата обращения 26.04.2021).
16. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова – Томск: изд-во ТПУ, 2014. – 73с. 18. Районный коэффициент [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://assistentus.ru/oplata-truda/rajonnyj-koefficient/>, свободный (дата обращения 05.05.2021).
17. Срок полезного использования офисной техники [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://praktibuh.ru/buhuchet/vneoborotnye/os>

/amortizatsiya/srok-poleznogo-ispolzovaniya-kompyutera.html , свободный (дата обращения 05.05.2021).

18. Федеральный закон от 24.07.2009 N 212-ФЗ "О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования" [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89925/, свободный (дата обращения 05.05.2021). 106

19. ГОСТ 22269-76. Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. (дата обращения 10.05.2021).

20. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. (дата обращения 10.05.2021).

21. ГОСТ 12.0.003-2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. (дата обращения 10.05.2021).

22. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. (дата обращения 10.05.2021).

23. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. (дата обращения 10.05.2021).

Приложение А

(обязательное)

Разработка схемы стола для лабораторного стенда

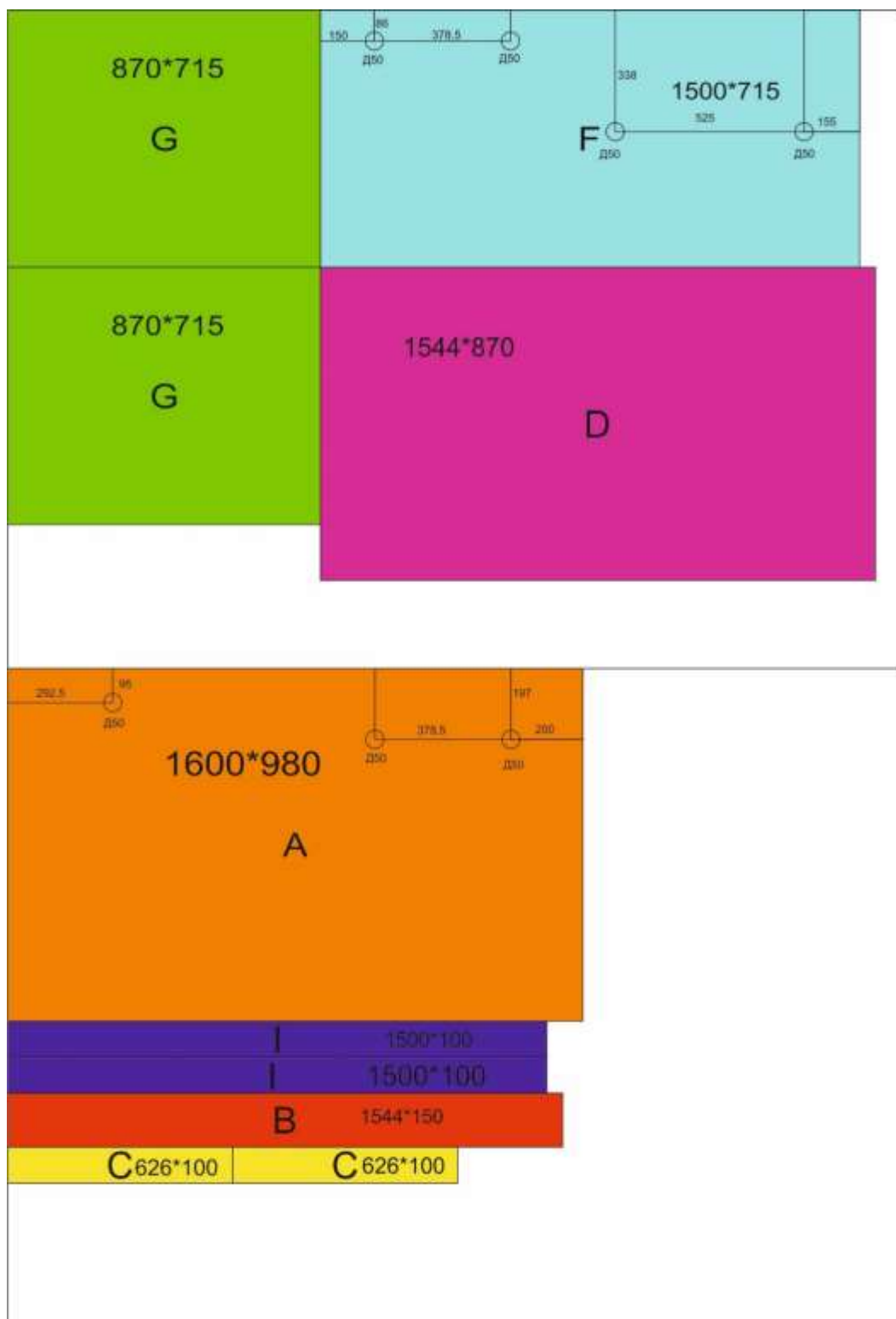
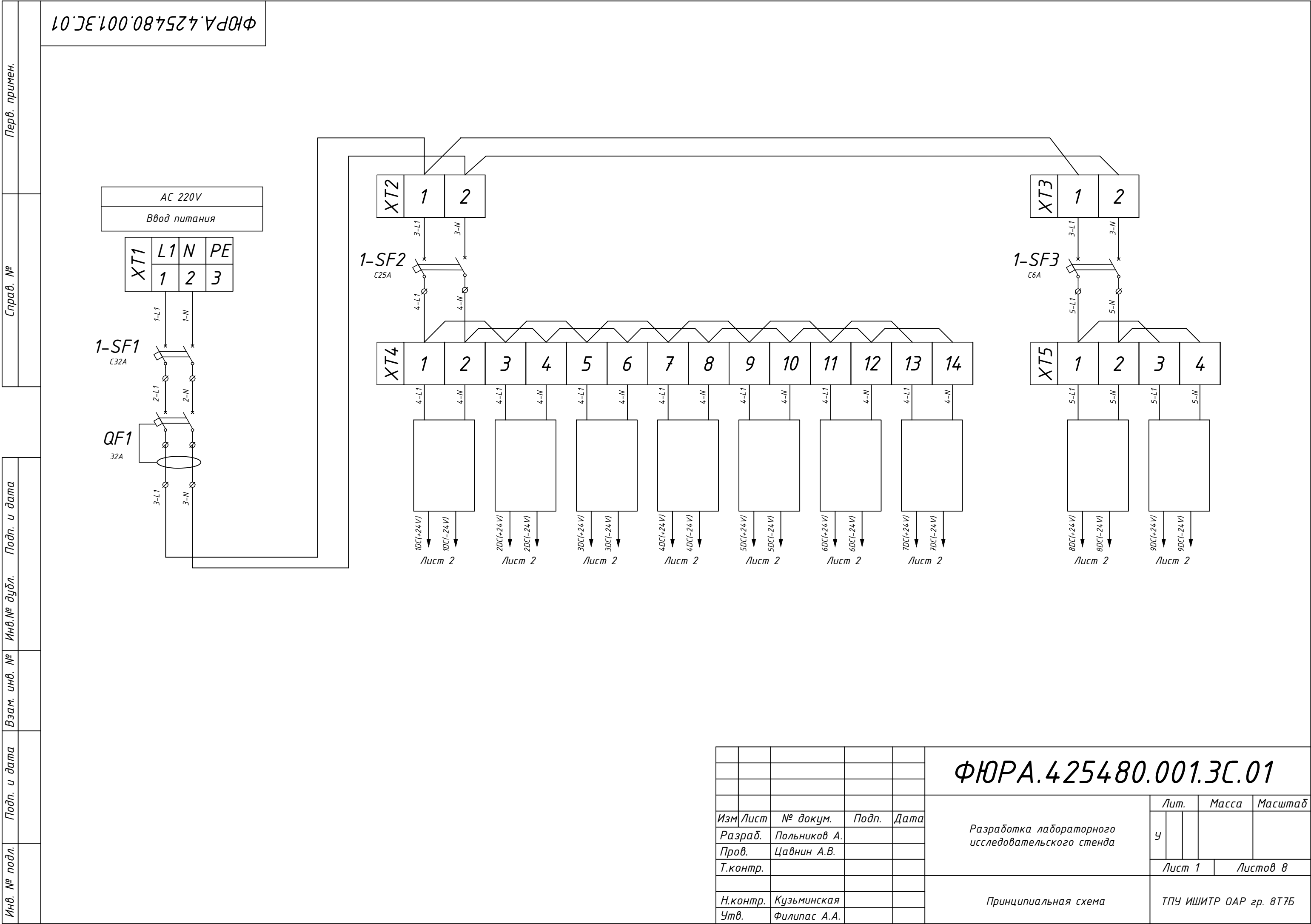


Рисунок 1 – Чертеж для распиловки деталей стола и просверливание отверстий

Приложение Б
(обязательное)

Принципиальная электрическая схема питания стенда



					ФЮРА.425480.001.ЗС.01				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка лабораторного исследовательского стенда	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.	Польников А.					у			
Пров.	Цавнин А.В.								
Т.контр.									
					Принципиальная схема	Лист 1	Листов 8		
Н.контр.	Кузьминская					ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т7Б			
Утв.	Филипас А.А.								

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв.№ дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА.425480.001.3С.02

Лист 1

10С(+24 V)

XT6

1

1-SF4

C10A

10С(+24 V)

14

11

M1(+)

Лист 3

Лист 1

20С(+24 V)

3

1-SF5

C10A

10С(+24 V)

14

11

M2(+)

Лист 3

Лист 1

30С(+24 V)

5

1-SF6

C10A

120С(+24 V)

14

11

M3(+)

Лист 3

Лист 1

40С(+24 V)

7

1-SF7

C10A

130С(+24 V)

14

11

M4(+)

Лист 3

Лист1

50С(+24 V)

9

1-SF8

C10A

140С(+24 V)

14

11

M5(+)

Лист 3

Лист 1

60С(+24 V)

11

1-SF9

C10A

150С(+24 V)

14

11

M6(+)

Лист 3

Лист 1

70С(+24 V)

13

1-SF10

C10A

160С(+24 V)

14

11

M7(+)

Лист 3

Лист 1

80С(+24 V)

15

1-SF11

C8A

170С(+24 V)

Лист 4

Лист 1

90С(+24 V)

17

1-SF12

C3A

180С(+24 V)

Лист 8

Лист 1

10С(-24 V)

XT6

2

10С(-24 V)

Лист 3

Лист 1

20С(-24 V)

4

20С(-24 V)

Лист 3

Лист 1

30С(-24 V)

6

30С(-24 V)

Лист 3

Лист 1

40С(-24 V)

8

40С(-24 V)

Лист 3

Лист 1

50С(-24 V)

10

50С(-24 V)

Лист 3

Лист 1

60С(-24 V)

12

60С(-24 V)

Лист 3

Лист 1

70С(-24 V)

14

70С(-24 V)

Лист 3

Лист 1

80С(-24 V)

16

80С(-24 V)

Лист 4

Лист 1

90С(-24 V)

18

90С(-24 V)

Лист 8

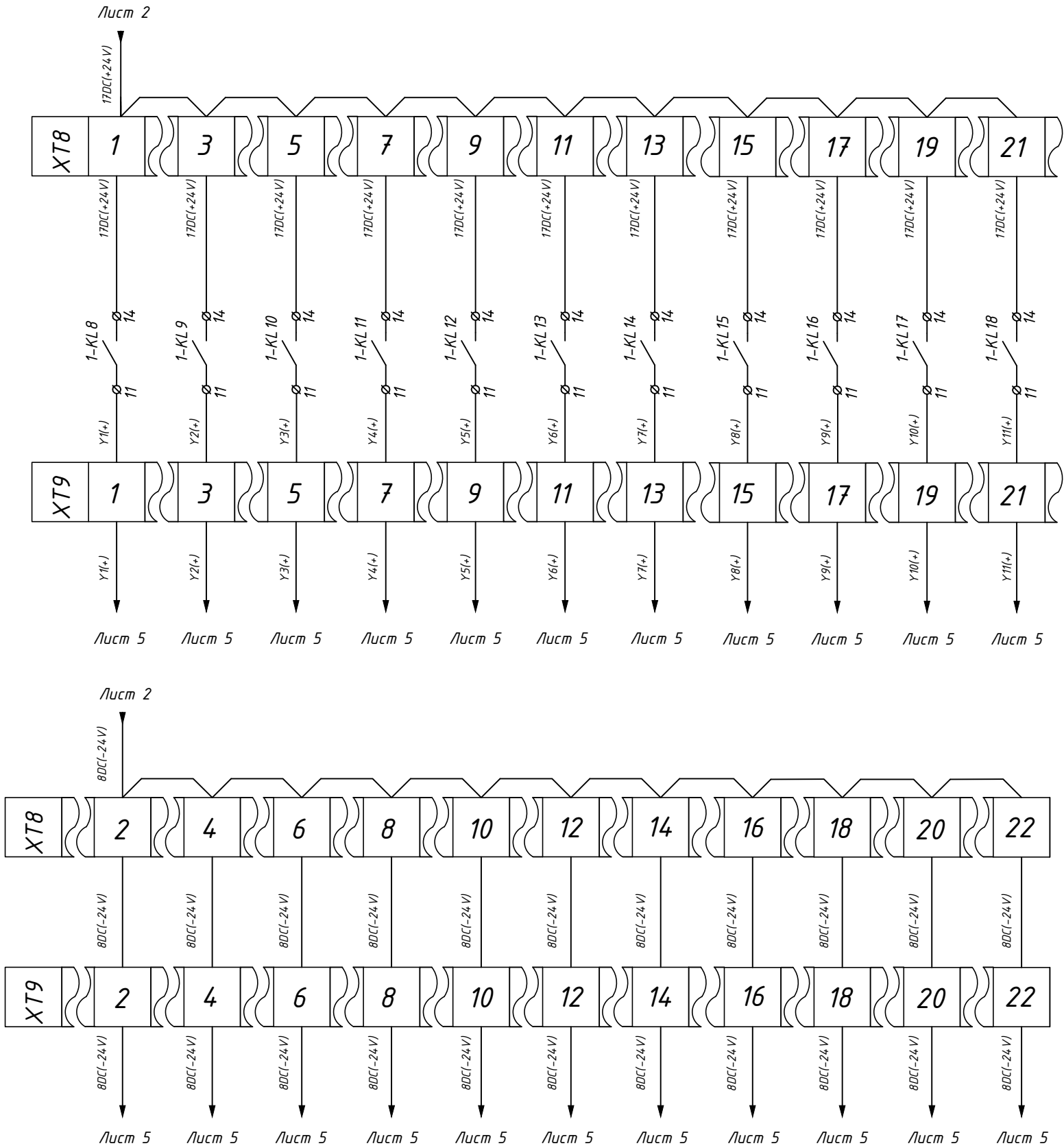
					ФЮРА.425480.001.3С.02
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Польников А.			
Пров.		Цавнин А.В.			
Т.контр.					
Н.контр.		Кузьминская			Принципиальная схема
Утв.		Филипас А.А.			

Разработка лабораторного исследовательского стенда			Лит.	Масса	Масштаб
у					
			Лист 2		Листов 8

ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т7Б		
------------------------	--	--

Инв. № подл.		Подп. и дата		Взам. инв. №		Инв.№ дубл.		Подп. и дата		Справ. №		Перв. примен.																																																																					
<div>ФЮРА.425480.001.3С.03</div>																																																																																	
<div><div><div><div><div>М1</div><div>К1</div><div>К1</div></div><div>Лист 2</div><div>Лист 2</div></div><div><div><div>М2</div><div>К2</div><div>К2</div></div><div>Лист 2</div><div>Лист 2</div></div><div><div><div>М3</div><div>К3</div><div>К3</div></div><div>Лист 2</div><div>Лист 2</div></div><div><div><div>М4</div><div>К4</div><div>К4</div></div><div>Лист 2</div><div>Лист 2</div></div><div><div><div>М5</div><div>К5</div><div>К5</div></div><div>Лист 2</div><div>Лист 2</div></div><div><div><div>М6</div><div>К6</div><div>К6</div></div><div>Лист 2</div><div>Лист 2</div></div><div><div><div>М7</div><div>К7</div><div>К7</div></div><div>Лист 2</div><div>Лист 2</div></div></div></div>																																																																																	
<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Изм</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td></tr><tr><td>Разраб.</td><td></td><td>Польников А.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Пров.</td><td></td><td>Цавнин А.В.</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Т.контр.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Н.контр.</td><td></td><td>Кузьминская</td><td></td><td></td></tr><tr><td>Утв.</td><td></td><td>Филипас А.А.</td><td></td><td></td></tr></table>																				Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разраб.		Польников А.			Пров.		Цавнин А.В.			Т.контр.										Н.контр.		Кузьминская			Утв.		Филипас А.А.			<div>ФЮРА.425480.001.3С.03</div> <div>Разработка лабораторного исследовательского стенда</div> <div>Принципиальная схема</div>					<table><tr><td colspan="2">Лит.</td><td colspan="2">Масса</td><td colspan="2">Масштаб</td></tr><tr><td>У</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="3">Лист 3</td><td colspan="3">Листов 8</td></tr></table> <div>ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т7Б</div>				Лит.		Масса		Масштаб		У						Лист 3			Листов 8		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																																																																													
Разраб.		Польников А.																																																																															
Пров.		Цавнин А.В.																																																																															
Т.контр.																																																																																	
Н.контр.		Кузьминская																																																																															
Утв.		Филипас А.А.																																																																															
Лит.		Масса		Масштаб																																																																													
У																																																																																	
Лист 3			Листов 8																																																																														

ФЮРА.425480.001.3С.04



					ФЮРА.425480.001.3С.04				
					Разработка лабораторного исследовательского стенда	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		у			
Разраб.		Польников А.							
Пров.		Цавнин А.В.							
Т.контр.						Лист 4	Листов 8		
					Принципиальная схема	ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т7Б			
Н.контр.		Кузьминская							
Утв.		Филипас А.А.							

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв.№ дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.	ФЮРА.425480.001.ЗС.05

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

У1

У2

У3

У4

У5

У6

У7

У8

У9

У10

У11

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

Лист 4

					ФЮРА.425480.001.ЗС.05			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Польников А.							
Пров.	Цавнин А.В.							
Т.контр.								
					Разработка лабораторного исследовательского стенда	Лит.	Масса	Масштаб
У								
						Лист 5	Листов 8	
Н.контр.	Кузьминская				Принципиальная схема	ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т7Б		
Утв.	Филипас А.А.							

					ФЮРА.425480.001.3С.06								
					Разработка лабораторного исследовательского стенда				Лит.		Масса	Масштаб	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					У				
Разраб.	Польников А.												
Пров.	Цавнин А.В.												
Т.контр.									Лист 6		Листов 8		
					Принципиальная схема				ТПУ ИШИТР ОАР зр. 8Т7Б				
Н.контр.	Кузьминская												
Утв.	Филипас А.А.												

Перв. примен.	ФЮРА.425480.001.3С.07																																																																																																				
Справ. №																																																																																																					
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата																																																																																																		
Инв. № подл.	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4">ФЮРА.425480.001.3С.07</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4"></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>Изм</td><td>Лист</td><td>№ докум.</td><td>Подп.</td><td>Дата</td><td colspan="4" rowspan="4">Разработка лабораторного исследовательского стенда</td></tr><tr><td>Разраб.</td><td>Польников А.</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Пров.</td><td>Цавнин А.В.</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Т.контр.</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="4" rowspan="3">Принципиальная схема</td></tr><tr><td>Н.контр.</td><td>Кузьминская</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Утв.</td><td>Филипас А.А.</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="5"></td><td colspan="2">Лит.</td><td>Масса</td><td>Масштаб</td></tr><tr><td colspan="5"></td><td>у</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="5" rowspan="5"></td><td colspan="2">Лист 7</td><td colspan="2" rowspan="5">Листов 8</td></tr></table>						ФЮРА.425480.001.3С.07																						Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка лабораторного исследовательского стенда				Разраб.	Польников А.				Пров.	Цавнин А.В.				Т.контр.										Принципиальная схема				Н.контр.	Кузьминская				Утв.	Филипас А.А.									Лит.		Масса	Масштаб						у									Лист 7		Листов 8	
					ФЮРА.425480.001.3С.07																																																																																																
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разработка лабораторного исследовательского стенда																																																																																																
Разраб.	Польников А.																																																																																																				
Пров.	Цавнин А.В.																																																																																																				
Т.контр.																																																																																																					
					Принципиальная схема																																																																																																
Н.контр.	Кузьминская																																																																																																				
Утв.	Филипас А.А.																																																																																																				
					Лит.		Масса	Масштаб																																																																																													
					у																																																																																																
					Лист 7		Листов 8																																																																																														

Приложение В

(обязательное)

Спецификация принципиальной электрической схемы

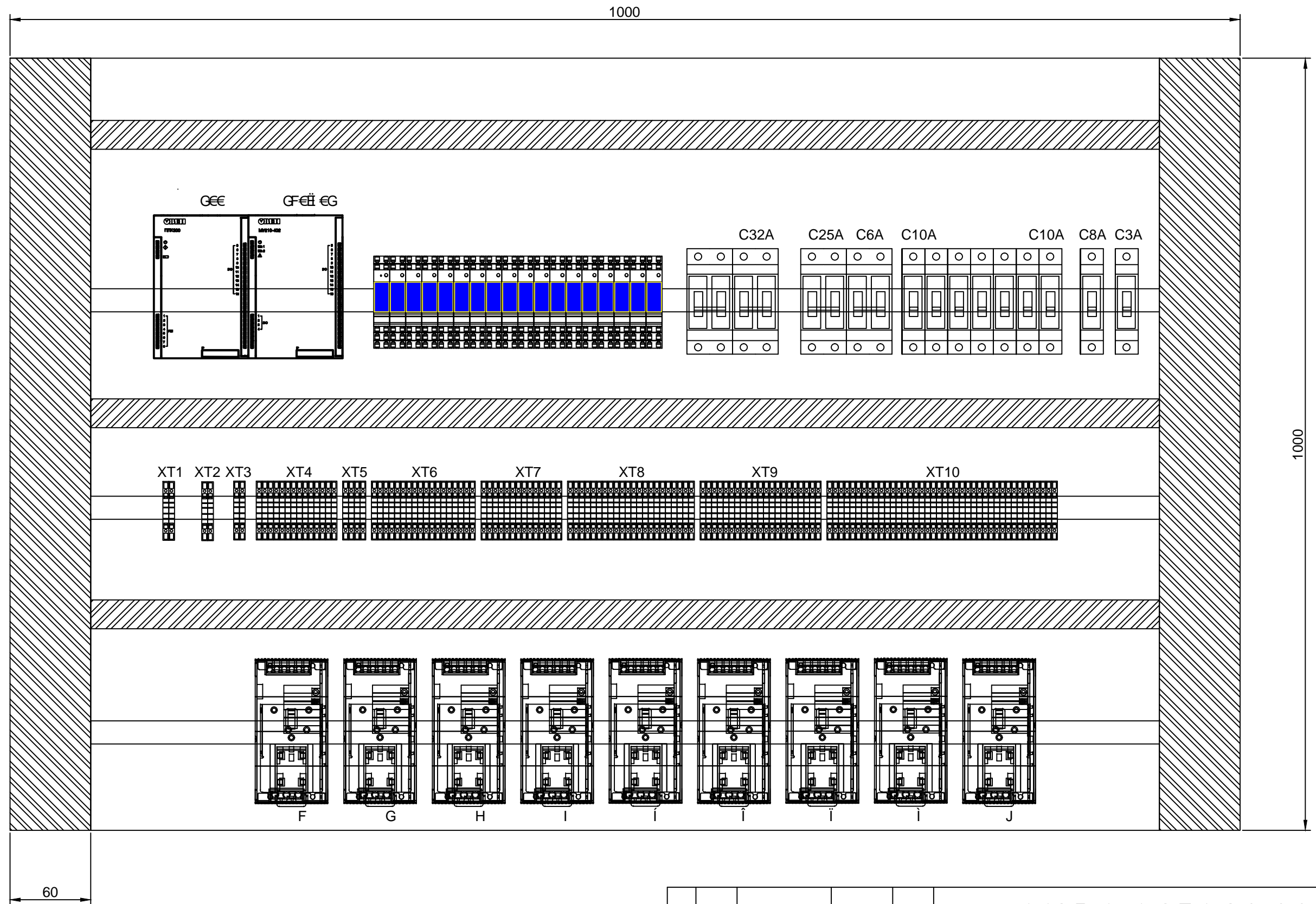
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
				<u>Документация</u>		
А3			ФЮРА.425280.001.СЗ	Принципиальная	1	
				электрическая схема		
				<u>Стандартные изделия</u>		
		1	ПЛК 200-01-CS	ОВЕН ПЛК220	1	
		2	МУ210-402	Модуль дискретного	1	
				вывода		
		3	К1...К7	Кабель КВВГм2х1.5 1.5 м	7	
		4	М1...М7	Насос	7	
		5	У1...У11	Электромагнитный	11	
				клапан		
		6	QF1	УЗО 32А	1	
		7	1-KL 1...1-KL 18	Электромагнитное	18	
				реле		
		8	1-SF1	Автоматический	1	
				выключатель С32А		
		9	1-SF2	Автоматический	1	
				выключатель С25А		
		10	1-SF3	Автоматический	1	
				выключатель С6А		
		11	1-SF4...1-SF10	Автоматический	7	
				выключатель С10А		
		12	1-SF11	Автоматический	1	
				выключатель С8А		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.425280.001.3С	
Разраб.	Польников А.					
Провер.	Цавнин А.В.				Разработка лабораторного исследовательского стенда	
					Лит. Лист Листов У 1 2	
Утвердил	Филипас А.А.					
					ТПУ ИШИТР ОАР гр. 8Т7Б	

[illegible]

Приложение Г
(обязательное)

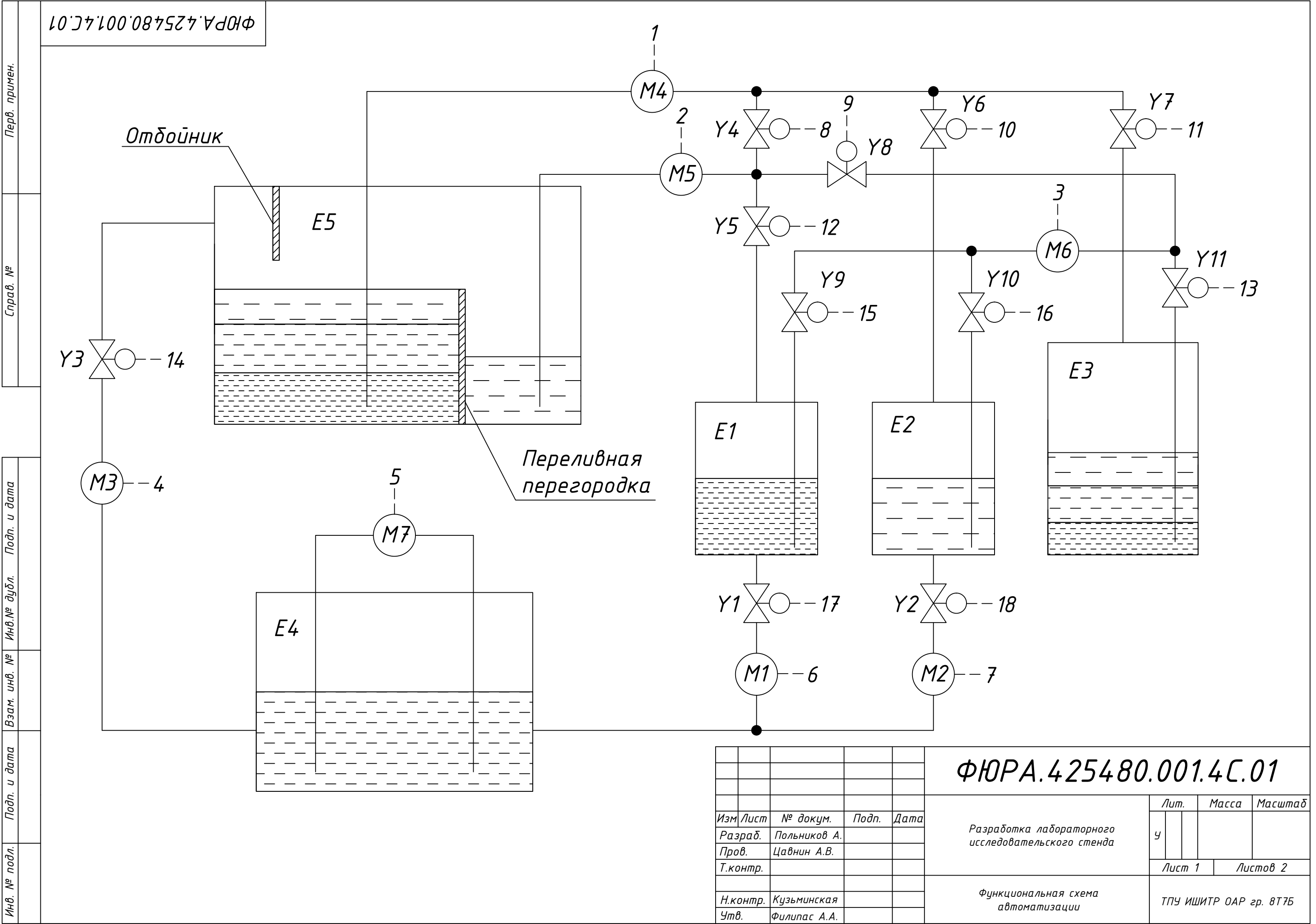
Разработка стойки электрооборудования лабораторного стенда

$\phi_{HPA}.425480.001.7C$



Приложение Д
(обязательное)

Разработка функциональной схемы автоматизации



[illegible]